

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Voditelj rada: Prof. dr. sc. Zoran Lulić

Ante Vučetić

U Zagrebu, studeni 2010.

Izjavljujem da sam ovaj diplomski rad izradio sam koristeći znanje stečeno tijekom studija kao i navedenu literaturu te raspoložive uređaje.

Ovom prilikom bi se htio zahvaliti Prof. dr. sc. Zoranu Luliću na pomoći u radu te na ustupanju vlastitog vozila bez kojeg bi praktični dio rada bio neizvediv. Također se zahvaljujem tvrtki National Instruments Slovenija koja je ustupila uređaj NI USB-8473s.

U Zagrebu, studeni 2010.

Ante Vučetić

Sadržaj

Popis oznaka.....	V
Popis slika.....	VII
Popis tablica.....	XII
Popis kratica	XIII
Sažetak.....	XIV
1. Uvod.....	1
2. OBD sustav	2
2.1. Povijest	2
2.2. Pregled razvoja OBD sustava po godinama	4
2.3. OBD I.....	6
2.4. EOBD dijagnostički priključak.....	8
2.5. OBD-2 protokoli	12
3. CAN sabirnica.....	13
3.1. Topologija računalnih mreža	13
3.2. Karakteristike CAN protokola.....	14
3.3. Adresiranje i usmjeravanje poruka	20
3.4. Sustav CAN sabirnice u vozilu.....	21
3.5. Norme i raspored pinova kod OBD II CAN sabirnice	24
3.6. Komunikacija između računala u vozilu i dijagnostičkog uređaja.....	25
3.6.1. Određivanje sustava za dijagnostiku u vozilu	26
4. Načini rada dijagnostičkog uređaja.....	28
5. Dostupni podatci putem OBD-II.....	31
5.1. Struktura OBD kodova pogrešaka (DTC)	31
5.2. Pregled dijagnostičkih pogrešaka (DTC-a) prema grupaciji VAG.....	35
5.3. Izgled očitanih signala	36
5.4. Očitavanje DTC-a.....	38
5.5. Područja vrijednosti podataka za OBD-II.....	39
5.6. OBD-II terminologija	41
6. Univerzalni dijagnostički uređaji.....	42
6.1. DashHawk.....	42
6.2. Dijagnostički uređaj VAG MAXISCAN.....	44
6.3. OBD2-400 i OBD2-500 uređaji tvrtke Baumtools	45
6.4. AutoStar AS-700.....	47

6.5. VAG KKL CAN komplet.....	47
6.6. OBDLink OBD2 dijagnostički uređaj	49
6.7. Bosch KTS 115 OBD modul	50
6.8. DashDAQ II.....	51
6.9. Uređaj NI USB-8473s.....	52
7. Praktični dio rada	54
7.1. Uvod	54
7.2. Izrada spojnog kabela	55
7.3. Spajanje sa vozilom	58
7.4. Provjera (oblika) signala s CAN sabirnice pomoću osciloskopa.....	59
7.5. Izrada programskog sučelja za mjerenje karakterističnih vrijednosti.....	61
7.6. Analiza prikupljenih podataka	75
8. Zaključak	82
Literatura	83
Indeks	85
PRILOG A.....	87
Uvod	88
Pregled slijeda dijagnostičkih koraka	89
Objašnjenje DTC-ova pronađenih na vozilu	98

Popis oznaka

Latinične oznake	Mjerna jedinica	Naziv
B	mm	Širina gume/pneumatika
D	mm	Promjer cilindra
g_e	kg/(kWh)	Specifična efektivna potrošnja goriva
G_h	kg/h	Potrošnja goriva na sat
$G_{h,vol}$	l/h	Volumna potrošnja goriva
G_{proc}	mg/proc	Potrošnja goriva po procesu
G_{1km}	l/km	Potrošnja goriva na 1 kilometar
G_{100km}	l/(100km)	Potrošnja goriva na 100 kilometar
H	mm	Hod klipa
H	%	Visina kotača
H_d	MJ/kg	Donja ogrjevna vrijednost goriva
H_G	m	Visina profila neopterećene gume
i_N		Prijenosni omjer u mjenjaču
i_O		Prijenosni omjer u osovinskom reduktoru
i_1, i_2, i_3, i_4, i_5		Prijenosni omjer pojedinog stupnja prijenosa
M_e	Nm	Efektivni moment motora
n_k	1/s	Brzina vrtnje kotača
n_m	1/min	Brzina vrtnje motora
P_e	kW	Efektivna snaga motora
p_e	MPa	Srednji efektivni tlak motora
p_{stand}	bar	Tlak standardnog stanja okoliša
r	m	Radijus neopterećenog kotača
r_d	m	Dinamički radijus kotača
R_Z	J/(kgK)	Plinska konstanta za zrak
S	km	Domet vozila
T		Broj taktova motora
T_{stand}	K	Temperatura standardnog stanja okoliša
v	km/h	Brzina kretanja vozila
V_{Gh}	l/h	Volumna potrošnja goriva
V_H	cm ³	Ukupni radni volumen motora
V_s	m ³	Volumen smjese
$V_{spremnik}$	l	Trenutna količina goriva u spremniku

$V_{spremnik,max}$	l	Maksimalna količina goriva u spremniku
z		Broj cilindara
z_e	kg/(kWh)	Specifična efektivna potrošnja zraka
Z_h	kg/h	Potrošnja zraka na sat
Z_{proc}	kg/proc	Potrošnja zraka po procesu
Z_{stand}	kg/proc	Masa zraka koja bi stala u radni volumen cilindra kod stanja standardne atmosfere
Z_0	kg/kg	Stehiometrijska količina zraka potrebna za izgaranje 1 kg goriva

Grčke oznake	Mjerna jedinica	Naziv
α	%	Otvorenost zaklopke
η_e	%	Efektivni stupanj djelovanja
λ		Faktor pretička zraka
λ_{pu}		Stupanj punjenja cilindra
ρ_G	kg/m ³	Gustoća goriva
ρ_{SO}	kg/m ³	Gustoća smjesa
ρ_{ZO}	kg/m ³	Gustoća zraka kod stanja standardnog okoliša

Popis slika

<i>Slika 2.1. Slika prikazuje dijagnostički priključak za OBD I (u većini vozila se koristio ovakav izgled priključnice) [24].</i>	6
<i>Slika 2.2. Slika prikazuje 12 pinski dijagnostički priključak za OBD I (uglavnom se nalazi u američkom vozilima) [25].</i>	6
<i>Slika 2.3. Slika prikazuje 6 pinski dijagnostički priključak za OBD I (uglavnom se nalazi u australskim vozilima) [25].</i>	7
<i>Slika 2.4. Slika prikazuje 10 pinski dijagnostički priključak za OBD I (uglavnom se nalazi u europskim vozilima, npr. Opel) [25].</i>	7
<i>Slika 2.5. Dijagnostički priključak prema SAE J1962 (CARB priključnica).</i>	8
<i>Slika 2.6. Položaj CARB priključnice na vozilu Audi A3 nalazi se dolje lijevo od kola upravljača, ispod prekidača za svijetla (fotografija je snimljena nakon što je skinut poklopac na priključnici) [1].</i>	9
<i>Slika 2.7. Područja mjesta ugradnje DLC-a u vozilu [5].</i>	10
<i>Slika 2.8. Uobičajeni izgled upozoravajuće žaruljice „Check engine“, MIL.</i>	11
<i>Slika 3.1. Struktura računalnih mreža: zvjezdasta, stablasta, prstenasta i sabirnička..</i>	13
<i>Slika 3.2. CAN sabirnica [3].</i>	15
<i>Slika 3.3. Shematski prikaz poruke.</i>	17
<i>Slika 3.4. CAN 2.0 A ima 11-bitno identifikacijsko polje.</i>	18
<i>Slika 3.5. CAN 2.0 B ima 29-bitno identifikacijsko polje.</i>	18
<i>Slika 3.6. CANH i CAN-L [3].</i>	18
<i>Slika 3.7. Primjer arbitraže poruka [3].</i>	19
<i>Slika 3.8. Komunikacija između dva čvora [3].</i>	20
<i>Slika 3.9. Ilustracija principa rada CAN sabirnice.</i>	21
<i>Slika 3.10. Shema CAN sabirnice i upravljačkih uređaja suvremenog osobnog vozila.</i>	22
<i>Slika 3.11. Shematski prikaz CAN sabirnice u vozilu [21].</i>	22
<i>Slika 3.12. Model CAN sabirnice ugrađene u vrata vozila [4].</i>	23
<i>Slika 3.13. Edukacijski model spojenih aktuatora za ogledala, kontrola vrata, glavni kontrolni uređaj, simulator pogreške i imobilizator [4].</i>	23
<i>Slika 3.14. Izgled 16 pinske EOBD priključnice prema normi SAE J1962 smještene unutar vozila.</i>	26
<i>Slika 3.15. Električna shema sučelja između EOBD priključnice i serijskog porta RS 232</i>	27
<i>Slika 5.1. Shematski prikaz PCM-a (engl. Powertrain Control Module) [22].</i>	32
<i>Slika 5.2. Primjer očitane pogreške prema normi SAE J2012 [5].</i>	34
<i>Slika 5.3. Izgled CAN High i CAN-Low signala.</i>	36

<i>Slika 5.4. Očitani signali sa CAN sabirnice motornog vozila [33].</i>	36
<i>Slika 5.5. Izgled signala sa CAN sabirnice i dešifriranje poruke.</i>	37
<i>Slika 5.6. Uobičajeni izgled očitano koda pogreške [5].</i>	38
<i>Slika 5.7. Uobičajeni izgled podataka očitanih u stvarnom vremenu [5].</i>	38
<i>Slika 6.1. Dijagnostički uređaj BOSCH KTS 100 (lijevo); dijagnostički uređaj ATAL AT 511 (desno). Oba uređaja su univerzalna i opremljena su dijagnostičkim kabelom za priključivanje na CARB priključnicu i normiranim EOBD sustavom.</i>	42
<i>Slika 6.2. Dash Hawk.</i>	42
<i>Slika 6.3. Izgled ispisa podataka na ekranu računala korištenjem sustava za dijagnostiku proizvođača Dash Hawk [12].</i>	43
<i>Slika 6.4. Uređaj VAG405 (lijevo); izgled pojedinih izbornika uređaja (desno).</i>	44
<i>Slika 6.5. OBD2-400 tvrtke Baumtools.</i>	45
<i>Slika 6.6. OBD2-500 tvrtke Baumtools.</i>	46
<i>Slika 6.7. Uređaj za dijagnosticiranje AutoStar AS-700 (lijevo); Dijagnostički kabel (desno).</i>	47
<i>Slika 6.8. VAG KKL CAN komplet.</i>	48
<i>Slika 6.9. VAG KKL CAN komplet priključen na vozilo marke Audi.</i>	48
<i>Slika 6.10. Dijagnostički uređaj OBDLink OBD2.</i>	49
<i>Slika 6.11. Bosch KTS 115 OBD modul.</i>	50
<i>Slika 6.12. Uređaj DashDAQ II.</i>	51
<i>Slika 6.13. Uređaj NI USB-8473s.</i>	52
<i>Slika 6.14. Fotografija prikazuje uređaj NI USB 8473s spojen sa računalom te izgled obrađenih podataka prikupljenih sa CAN sabirnice.</i>	53
<i>Slika 7.1. Uobičajeni komplet za analizu i prikupljanje podataka sa CAN sabirnice motornog vozila.</i>	54
<i>Slika 7.2. Shema spajanja EOBD konektora određenog normom SAE J1962 sa DB9 konektorom za komunikaciju putem NI USB-8473s modula.</i>	55
<i>Slika 7.3. Kabel prije spajanje EOBD konektora.</i>	55
<i>Slika 7.4. Spoj pojedinih vodiča EOBD konektora na odgovarajuće pinove.</i>	56
<i>Slika 7.5. Izgled unutrašnjosti EOBD konektora prije sklapanja kućišta.</i>	56
<i>Slika 7.6. Konačni izgled spojnog kabla EOBD – DB9 (RS232).</i>	57
<i>Slika 7.7. Grafički prikaz određivanja radne točke vozila na osnovu prikupljenih podataka s CAN sabirnice motornog vozila.</i>	58
<i>Slika 7.8. Spoj NI USB-8473s uređaja sa vozilom i računalom.</i>	58
<i>Slika 7.9. Očitavanje signala sa CAN sabirnice pomoću osciloskopa.</i>	59
<i>Slika 7.10. Izgled očitano signala pomoću osciloskopa.</i>	60
<i>Slika 7.11. Open Diagnostic.vi</i>	64

<i>Slika 7.12. Prikaz OBD Request Vehicle Information.vi.</i>	64
<i>Slika 7.13. Očitavanje VIN oznake.</i>	64
<i>Slika 7.14. Objašnjenje VIN oznake.</i>	65
<i>Slika 7.15. Dimenzije kotača.</i>	65
<i>Slika 7.16. Prikaz OBD Request Current Powertrain Diagnostic Data.vi.</i>	66
<i>Slika 7.17. Očitavanje brzine vozila (km/h).</i>	66
<i>Slika 7.18. Funkcija indeksiranja matrice (engl. Indeks Array Function).</i>	66
<i>Slika 7.19. Brzina vrtnje motora (1/min).</i>	67
<i>Slika 7.20. Očitavanje masenog protoka zraka te izračunavanje volumne potrošnje goriva i stupanj punjenja pomoću gore navedenih izraza.</i>	68
<i>Slika 7.21. Opterećenje motora.</i>	69
<i>Slika 7.22. Položaj zaklopke.</i>	69
<i>Slika 7.23. Temperatura rashladne tekućine motora.</i>	70
<i>Slika 7.24. Temperatura usisanog zraka.</i>	70
<i>Slika 7.25. Vrijeme od početka starta motora.</i>	70
<i>Slika 7.26. Izrada dijagrama.</i>	70
<i>Slika 7.27. Spremanje očitanih podataka u datoteku.</i>	71
<i>Slika 7.28. Zatvarenje dijagnostičkog procesa (engl. Close Diagnostic.vi).</i>	71
<i>Slika 7.29. While petlja (engl. Loop).</i>	71
<i>Slika 7.30. Vremenski period prikupljanja podataka.</i>	71
<i>Slika 7.31. Blok dijagram .vi programa za LabView.</i>	72
<i>Slika 7.32 Radna površina programskog sučelja u kojoj su određene početne postavke.</i>	73
<i>Slika 7.33 Izgled druge kartice „virtualnog instrumenta“ programskog sučelja unutar LabView-a.</i>	73
<i>Slika 7.34 Treća kartica vi-a prikazuje dijagramska očitavanja prikupljenih podataka.</i>	74
<i>Slika 7.35. Prikaz promjene radne točke motora u ovisnosti o brzini vrtnje i izračunatom opterećenju.</i>	75
<i>Slika 7.36. Prikaz promjene brzine vrtnje motora u ovisnosti o vremenu.</i>	76
<i>Slika 7.37. Prikaz promjene izračunatog opterećenja motora u ovisnosti o vremenu. ..</i>	76
<i>Slika 7.38. Prikaz promjene brzine vozila u ovisnosti o vremenu.</i>	77
<i>Slika 7.39. Prikaz promjene stupnja punjenja cilindra motora u ovisnosti o vremenu.</i>	77
<i>Slika 7.40. Prikaz promjene potrošnje goriva na 100 km u ovisnosti o vremenu.</i>	78
<i>Slika 7.41. Prikaz promjene volumne potrošnje goriva u ovisnosti o vremenu.</i>	78
<i>Slika 7.42. Prikaz brzine vrtnje motora i brzine vozila u ovisnosti o vremenu.</i>	79

<i>Slika 7.43. Prikaz brzine vrtnje motora i izračunatog opterećenja u ovisnosti o vremenu.</i>	79
<i>Slika 7.44. Kvalitativni prikaz ovisnosti efektivnog momenta o brzini vrtnje motora i položaju zaklopke.</i>	80
<i>Slika 7.45. Kvalitativni prikaz ovisnosti efektivne snage o brzini vrtnje motora i položaju zaklopke.</i>	80
<i>Slika 7.46. Prikaza ovisnosti efektivnog momenta o brzini vrtnje motora.</i>	81
<i>Slika 7.47. Prikaz efektivne snage motora u ovisnosti o brzini vrtnje motora.</i>	81
<i>Slika 7.48. Prikaz specifične efektivne potrošnje goriva u ovisnosti o brzini vrtnje motora.</i>	81
<i>Slika A.1. Dijagnostički uređaj VAG COM.</i>	88
<i>Slika A.2. Izgled glavnog izbornika.</i>	89
<i>Slika A.3. Options.</i>	89
<i>Slika A.4. Ispis osnovnih podataka o komunikacijskom programu (OBD II).</i>	89
<i>Slika A.5. Control modul finder.</i>	90
<i>Slika A.6. Open Controller.</i>	90
<i>Slika A.7. Uobičajeni moduli.</i>	90
<i>Slika A.8. Posebni moduli.</i>	91
<i>Slika A.9. Modul motora.</i>	91
<i>Slika A.10. Pogreška u softveru.</i>	91
<i>Slika A.11. Pogreške očitane sa motornog sklopa.</i>	92
<i>Slika A.12. Modul ABS-a.</i>	92
<i>Slika A.13. Očitane pogreške na sustavu ABS-a.</i>	92
<i>Slika A.14. Mjerni blokovi.</i>	93
<i>Slika A.15. HVAC (engl. Heating, Ventilating, and Air Conditioning).</i>	93
<i>Slika A.16. HVAC DTC.</i>	93
<i>Slika A.17. HVAC mjerni blok.</i>	94
<i>Slika A.18. Instruments.</i>	94
<i>Slika A.19. Instruments DTC.</i>	94
<i>Slika A.20. Instruments mjerni blokovi.</i>	95
<i>Slika A.21. Pomoć pri upravljanju (engl. Stearing assistance).</i>	95
<i>Slika A.22. Stearing assistance DTC.</i>	95
<i>Slika A.23. Stearing assistance mjerni blokovi.</i>	96
<i>Slika A.24. Moduli komfora.</i>	96
<i>Slika A.25. DTC-ovi komfora.</i>	96
<i>Slika A.26. DTC-ovi komfora.</i>	97

<i>Slika A.27. Mjerni blokovi komfora.....</i>	<i>97</i>
--	-----------

Popis tablica

<i>Tablica 2.1. Značenje pojedinog pina kod OBD-a prema normi SAE J 1962.</i>	<i>8</i>
<i>Tablica 2.2. Opis mjesta ugradnje DLC-a u vozilu.</i>	<i>10</i>
<i>Tablica 3.1. Opis pojedinih dijelova poruke.</i>	<i>17</i>
<i>Tablica 5.1. Slovo na prvom mjestu u DTC-u određuje na koji dio vozila se kôd odnosi.</i>	<i>31</i>
<i>Tablica 5.2. Drugo mjesto DTC-a određuje tip koda.</i>	<i>33</i>
<i>Tablica 5.3. Značenje trećeg mjesta koda ako je na prvom mjestu P.</i>	<i>33</i>
<i>Tablica 5.4. Četvrto i peti mjesto koda pogreške.</i>	<i>34</i>
<i>Tablica 5.5. Pregled nekih od DTC-a kod VAG-a.</i>	<i>35</i>
<i>Tablica 5.6. Normirane OBD-II kratice prije uvođenja CAN sustava u vozilo i fraze te kratice koje su se koristile prije toga. [8].....</i>	<i>41</i>
<i>Tablica 7.1. Opis pojedinih PID-ova te njihove vrijednosti.....</i>	<i>61</i>
<i>Tablica 7.2. Objašnjenje pojedinog mjesta u VIN oznaci.</i>	<i>65</i>
<i>Tablica 7.3. Brzina vozila u pojedinim stupnjevima prijenosa u ovisnosti o brzini vrtnje motora.....</i>	<i>67</i>
<i>Tablica A.1. DTC-ovi zabilježeni na vozilu marke Audi model A2.</i>	<i>98</i>

Popis kratica

Kratica	Engleski	Hrvatski
ABS	Anti-lock Brake System	Sustav sprječavanja blokiranja kotača
ALDL	Assembly Line Diagnostic Link	
CALID	Calibration Identification	Identifikacijski broj programa instaliranog na ECU
CAM	Camshaft Position Sensor	Senzor zakreta bregastog vratila
CAN	Controller Area Network	CAN sabirnica
CARB	California Air Resources Board	Kalifornijska državna uprava za zrak
DLC	Data Link Connector	
DTC	Diagnostic Trouble Code	Dijagnostički kod pogreške
ECM	Engine Control Module	Upravljačka jedinica motora
FDIS	Final Draft International Standard	Konačni nacrt međunarodnog standarda
GND	Ground	Uzemljenje
ISO	International Organization of Standardization	Međunarodna organizacija za norme
MAF	Mass Air Flow (sensor)	Senzor masenog protoka zraka
MAP	Manifold Absolute Pressure (sensor)	Apsolutni tlak u usisnoj grani (MAP senzor)
MIL	Malfunction Indicator Lamp)	Signalna žaruljica pogreške
OBD	On-Board Diagnostics	Dijagnostika ugrađena u vozilu
PCM	Powertrain Control Module	Upravljački modul pogonske grupe
PID	Parameter Identification	Identifikator parametara (kod pojedinog parametra)
SAE	Society of Automotive Engineers	Udruga automobilskih inženjera
	Scan Tool	Dijagnostički uređaj
VIN	Vehicle Identification Number	Identifikacijski broj vozila – VIN oznaka
VSS	Vehicle Speed Sensor	Senzor brzine kretanja vozila

Sažetak

Krajem šezdesetih godina prošlog stoljeća u vozila se počinju ugrađivati prvi računalni sustavi za upravljanje radom motora. Uvođenjem normi i propisa koje vozila moraju zadovoljavati, prvenstveno onih vezanih za zaštitu okoliša, neophodan je bio i daljnji razvoj i unaprjeđivanje tog sustava.

Povećanje broja elektroničkih računala (ECU-a, engl. *Electronic Control Unit*) u vozilu pojavljuje se potreba za njihovim povezivanjem radi razmjene podataka te se uvodi serijski komunikacijski protokol CAN (engl. *Controller Area Network*) koji omogućava razmjenu podataka sa svim podsustavima u vozilu, poput sustava za upravljanje radom motora te podsustavima bitnim za sigurnost i udobnost u vozilu.

Sustav automatske dijagnostike ugrađene u vozilu, OBD (engl. *On-Board Diagnostic*) omogućuje pomoću vanjskog uređaja za dijagnosticiranje pristup podacima pohranjenim u memoriji računala u vozilu. Ti podatci su pohranjeni kao kodovi pogrešaka te opisuju o kojoj se pogrešci radi, uvijete pod kojima je pogreška nastupila te na kojem dijelu ili sklopu u vozilu.

Postoje specijalni ali i univerzalni uređaji koji se spajaju na računalni sustav ugrađen u vozilu te omogućavaju očitavanje kako trenutnog stanja svih sustava u vozilu tako i očitavanje kodova pogrešaka.

1. Uvod

Zadatak OBD (engl. *On-Board Diagnostic*) sustava je prvenstveno u funkciji zaštite okoliša, odnosno za vrijeme rada motora računalo ugrađeno u vozilo prikuplja podatke sa senzora ugrađenih u vozilu (sa uređaja za recirkulaciju ispušnih plinova, sa lambda senzora itd.), pristigle informacije uspoređuje s unaprijed pohranjenim uobičajenim vrijednostima i na osnovi dobivene razlike zaključuje se da li odgovarajući sklopovi još uvijek ispravno funkcioniraju. U krajnjem slučaju računalo poduzima određene aktivnosti oko regulacije rada motora, a vozača, paljenjem signalne žaruljice na ploči s instrumentima vozila, upozorava da nešto nije u redu s motorom i ispušnim plinovima.

Ugradnjom elektroničkih sklopova za upravljanje napajanjem gorivom, elektroničkih sklopova za upravljanje paljenjem smjese, ugradnjom lambda sonde, Kalifornijska državna uprava za zrak - CARB (engl. *California Air Resources Board*) je uvidjela da su vozila sve podložnija kvarovima tih sklopova što za posljedicu ima povećanje emisije štetnih ispušnih plinova. Stoga je proizvođačima automobila propisala obvezu ugradnje takvog sustava koji će nadzirati elektroničke sastavnice bitne za rad motora, odnosno za čistoću ispušnih plinova. Bio je to početak OBD sustava.

2. OBD sustav

2.1. Povijest

Prvi OBD program (danas zvan OBD I) odnosio se na modele osobnih vozila koji su proizvedena i stavljena u promet na području Kalifornije nakon 1988. godine. OBD I je propisao da se ispravnost svih elektroničkih osjetnika postavljenih na motoru i ostalih elektroničkih dijelova bitnih za kvalitetno izgaranje (kvalitetu ispušnih plinova) mora stalno nadzirati od strane elektroničkog računala ugrađenog u vozilo. U slučaju pogreške na nekom od nadziranih sastavnica, na ploči s instrumentima vozila mora se trajno upaliti kontrolna žaruljica - MIL) (engl. *Malfunctions Indicated Light*), a u memoriju računala mora se zabilježiti poruka o pogrešci s informacijom kad i na kojem dijelu je nastala

Ugrađena automatska dijagnostika verzije II (OBD II) je sustav koji je razvio SAE da bi normirao elektroničku dijagnostiku na vozilima. Početkom 1996. godine većina vozila prodanih u SAD-u su bila u potpunosti opremljena sustavom OBD II, dok su vozila u Europi posjedovala EOBD početkom 2000. godine.

EOBD2 nije novija verzija EOBD-a. Kraticom EOBD se označava Europska ugrađena automatska dijagnostika (engl. *European On Board Diagnostic*), a kraticom EOBD2 se označava poboljšana ugrađena automatska dijagnostika (engl. *Enhanced On-Board Diagnostics, Second Generation*).

SAE je utemeljio smjernice koje određuju:

- Normiranu priključnicu, zvanu DLC (engl. *Diagnostic Link Connector*) sa unaprijed određenim rasporedom pinova.
- Normiranu poziciju DLC-a koji se nalazi unutar putničkog prostora na strani vozača.
- Normirani popis kodova pogrešaka, DTC, koji koriste svi proizvođači.
- Normirani popis identifikacijskih parametara (PID, engl. *Parameter Identification*) koji koriste svi proizvođači.
- Mogućnost sustava u vozilu da snimi radne uvijete kada je pogreška nastupila.
- Proširena mogućnost dijagnosticiranja koja bilježi kodove pogrešaka koje utječu na sustav ispušnih plinova vozila.
- Mogućnost brisanja spremljenih dijagnostičkih kodova s računala vozila pomoću dijagnostičkog uređaja (engl. *Scan Tool*).

OBD II se nadovezao na OBD I program te je proširio i pooštrio opseg nadzora. Najvažnije nadopune u OBD II programu su:

- Uz svijetljenje, propisana je dodatna funkcija „treptanja“ kontrolne žaruljice MIL) u slučaju pojedinih pogrešaka koje bitno utječu na kvalitetu ispušnih plinova te mogućnost oštećivanja katalizatora.
- Kontrolna žaruljica MIL) mora početi svijetliti ili treptati ako jedan od sljedećih procesa ili sklopova neispravno funkcionira:
 - izgaranje smjese (određuje se pomoću osjetnika detonantnog izgaranja),

- lambda sonda (upravljačka i kontrolna),
 - sustav za prikupljanje para goriva,
 - sustav za povratno vođenje ispušnih plinova u usisnu granu (EGR, engl. *Exhaust Gas Recirculation*).
- Uz pogrešku pojedinog elektroničkog dijela u memoriji računala mora se zabilježiti u kojim radnim uvjetima je ta pogreška nastala.
 - Zapisana pogreška u memoriji računala treba se moći pročitati uz pomoć odgovarajućeg dijagnostičkog uređaja (engl. *Scan Tool*), a ne samo putem programiranog treperenja (engl. *Flash Code*) MIL) žaruljice.
 - Propisan je komunikacijski protokol između dijagnostičkog uređaja i računala motora.
 - Propisane su sve pogreške koje se moraju zabilježiti u memoriji računala i normirane su oznake pojedinih elektroničkih dijelova, sastavnica.
 - Propisan je dijagnostički priključak DLC (engl. *Data Link Connector*) između računala motora i dijagnostičkog uređaja kao i sam dijagnostički uređaj.

Europska unija je predvidjela da pojedina osobna vozila opremljena Ottovim motorom koja zatraže tipno odobrenje od 01. siječnja 2000. godine moraju biti opremljena OBD sustavom. Nadalje, pojedina osobna vozila s Ottovim motorom koja se u Europskoj uniji prvi put registriraju od 01. siječnja 2001. godine također moraju biti opremljena OBD sustavom. Vozila s Dieslovim motorima morala su biti opremljena OBD sustavom nešto kasnije, odnosno „laka vozila” koja zatraže tipno odobrenje od 01. siječnja 2003. godine, a „teška vozila” od 01. siječnja 2005. godine. U literaturi je uobičajeno, a kako bi se pravila razlika između američkog i europskog OBD sustava, da se europski sustav označava EOBD pri čemu E označava *European*.

Treba naglasiti da EOBD sustav ne funkcionira uvijek i svugdje. Svaki proizvođač vozila programski može (ali i ne mora) podesiti da EOBD sustav ne radi ako su temperature okoline (zraka) niže od -7°C , ako je količina goriva u spremniku manja od 20 % ukupnog kapaciteta spremnika ili ako se vozilo nalazi na nadmorskoj visini većoj od 2500 m. [1]

2.2. Pregled razvoja OBD sustava po godinama

- 1969.: Volkswagen je ugradio prvi računalni sustav s mogućnošću skeniranja u svoje modele vozila Tip 3 (Volkswagen 1500 i Volkswagen 1600) s ubrizgavanjem goriva.
- 1975.: Datsun 280Z, ugrađuje se automatska dijagnostika u vozila, uglavnom zbog potrebe za upravljanje i podešavanje sustava za ubrizgavanje goriva u realnom vremenu. Ugrađuju se jednostavni OBD sustavi, ali nisu normirani niti je određeno što trebaju nadzirati ni kako treba izgledati izvješće.
- 1980.: General Motors (GM) uvodi vlastito sučelje i ALDL (engl. *Assembly Line Diagnostic Link*) protokol za testiranje ECM-a (engl. *Engine Control Module*) na pokretnoj traci za vozila. ALDL protokol nadzire samo pojedine sklopove na vozilu. Ugrađivan je u vozila proizvedena u Kaliforniji 1980. godine i u ostatku Sjedinjenih Američkih Država 1981. godine, ALDL nije namijenjen za uporabu izvan područja tvornice. Jedina dostupna funkcija za korisnika vozila bila je treptajuća signalizacija (engl. „*Blinky Codes*“). Spajajući pinove A i B (s uključenim kontakt ključem i ugašenim motorom), CEL (engl. *Check Engine Light*) zatreperi u obliku dvoznamenkastog broja koji odgovara kodu (oznaci) određene pogreške.
- 1986.: Pojavljuje se nadograđena verzija ALDL protokola. Ovaj protokol je definiran prema internoj normi GM XDE-5024B.
- ~1987.: Kalifornijska državna uprava za zrak, CARB (engl. *California Air Resources Board*), zahtjeva da sva nova vozila prodana u Kaliforniji počinjući od 1988. godine proizvodnje imaju mogućnost osnovnog OBD-a. Ovi zahtjevi se općenito odnose na OBD-I, iako se taj naziv počeo koristiti tek nakon što je uveden OBD-II. Smještaj i protokol priključnice tada nisu bili normirani.
- 1988.: Udruga automobilskih inženjera, SAE (engl. *Society of Automotive Engineers*), preporučuje normirane dijagnostičke priključke te skup dijagnostičkih signala za ispitivanje.
- ~1994.: CARB je rješavajući problematiku dijagnosticiranja donio odredbu za specifikaciju OBD-II te zahtjeva da se usvoji za sva vozila prodana u Kaliforniji počevši od 1996. godine. SAE je predložio i uključio kodove pogrešaka DTC-e (engl. *Diagnostic Trouble Codes*) i izgled priključnice u ovu odredbu.
- 1996.: OBD-II specifikacija postaje obavezna za sva nova vozila prodana u Sjedinjenim Američkim Državama.
- 2001.: U Europskoj Uniji EOBD postaje obavezan za sva vozila sa Ottovim motorom, počevši od svibnja 2001. godine.
- 2003.: U Europskoj Uniji EOBD postaje obavezan za „laka vozila“ sa Diesellovim motorom.
- 2005.: EOBD postaje obavezan za „teška vozila“ sa Diesellovim motorom od 1. siječnja 2005. godine.
- 2008.: Sva vozila prodana u SAD-u su obvezna pri izradi koristiti normu ISO 15765-4:2005 *Road vehicles - Diagnostics on Controller Area Networks*.

- 2008.: Propisom agencije za zaštitu okoliša – EPA (engl. *Environmental Protection Agency*) određena laka vozila u Kini moraju imati OBD (norma GB18352)
- 2010.: HDOBD (engl. *Heavy Duty On Board Diagnostic*) specifikacija postaje obavezna za sva komercijalna vozila (vozila kojima nije glavna namjena prijevoz putnika) prodana u SAD-u.

2.3. OBD I

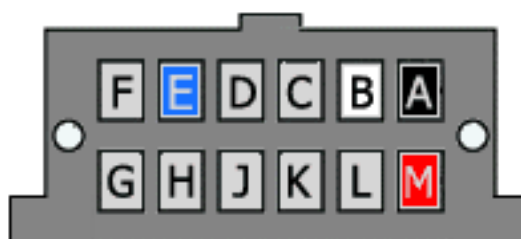
CARB (engl. *California Air Resources Bord*) je u travnju 1985. godine uveo propise koje sustav automatske dijagnostike ugrađene u vozilo mora zadovoljavati. Taj sustav je nazvan OBD (engl. *On Bord Diagnostic*). Propisano je da računalo motora (ECM, engl. *Engine Control Modul*) nadzire kritične vrijednosti vezane uz emisiju ispušnih plinova. Ukoliko se zabilježi pogreška vezana uz te vrijednosti mora se upaliti kontrolna žaruljica MIL.

OBD I sustav također omogućuje pohranu i ispis DTC-ova pomoću dijagnostičkog uređaja.

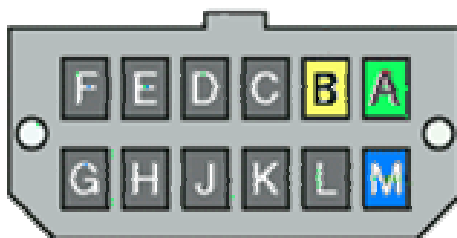
Glavne karakteristike OBD I sustava su:

- Upozorenje na pogrešku u sistemu bitnim za emisiju ispušnih plinova uključivanjem MIL-a.
- Pomoć serviserima vozila pri otkrivanju mjesta nastanka pogreške.

Nije propisan jedinstveni oblik dijagnostičke priključnice niti njezin smještaj u vozilu. Neki od izgleda dijagnostičkih priključnica prikazani su na sljedećim slikama.



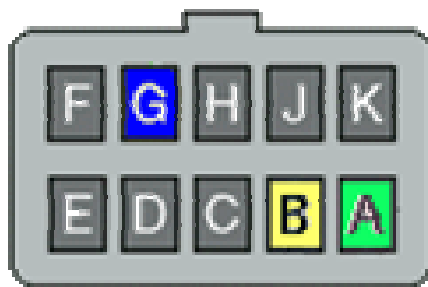
Slika 2.1. Slika prikazuje dijagnostički priključak za OBD I (u većini vozila se koristio ovakav izgled priključnice) [24].



Slika 2.2. Slika prikazuje 12 pisnki dijagnostički priključak za OBD I (uglavnom se nalazi u američkom vozilima) [25].



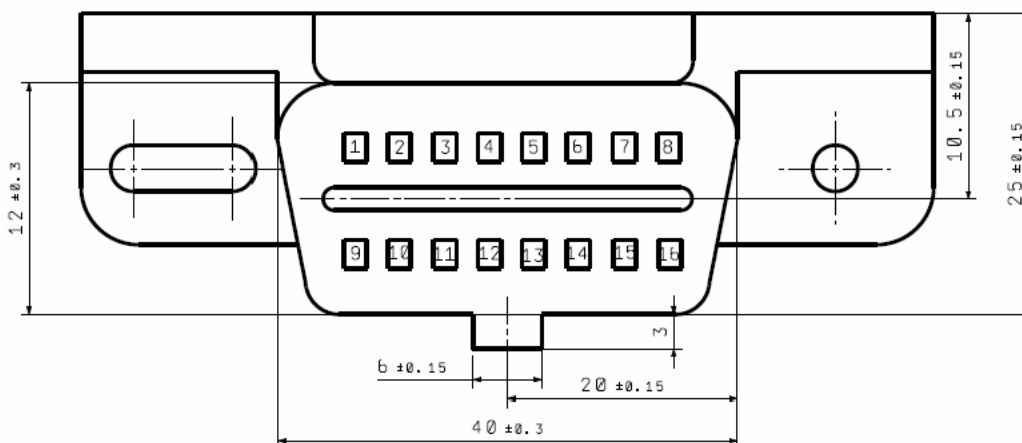
Slika 2.3. Slika prikazuje 6 pinski dijagnostički priključak za OBD I (uglavnom se nalazi u australskim vozilima) [25].



Slika 2.4. Slika prikazuje 10 pinski dijagnostički priključak za OBD I (uglavnom se nalazi u europskim vozilima, npr. Opel) [25].

2.4. EOBD dijagnostički priključak

Sva vozila opremljena EOBD sustavom moraju imati 16-pinski priključak u skladu s normom SAE J 1962. Ovaj priključak je izgledom i rasporedom pinova identičan onom u američkim vozilima pa se popularno naziva i OBD II priključnica ili „CARB priključnica”.



Slika 2.5. Dijagnostički priključak prema SAE J1962 (CARB priključnica).

Tablica 2.1. Značenje pojedinog pina kod OBD-a prema normi SAE J 1962.

Pin	Značenje
1	Ne koristi se za EOBD
2	Prijenos podataka za EOBD prema SAE J 1850 J1859 (Bus +)
3	Ne koristi se za EOBD
4	Uzemljenje šasije (minus pol akumulatora, masa)
5	Uzemljenje signala (masa signala)
6	CAN High (SAE J 2284)
7	Prijenos podataka za EOBD prema ISO-9141-2 K vod i ISO/DIS 14230-4
8	Ne koristi se za EOBD
9	Ne koristi se za EOBD
10	Prijenos podataka za EOBD prema SAE J 1850 (Bus -)
11	Ne koristi se za EOBD
12	Ne koristi se za EOBD
13	Ne koristi se za EOBD
14	CAN Low (SAE J-2284)
15	Prijenos podataka za EOBD prema ISO-9141-2 L vod i ISO/DIS 14230-4
16	Baterija (plus pol akumulatora)

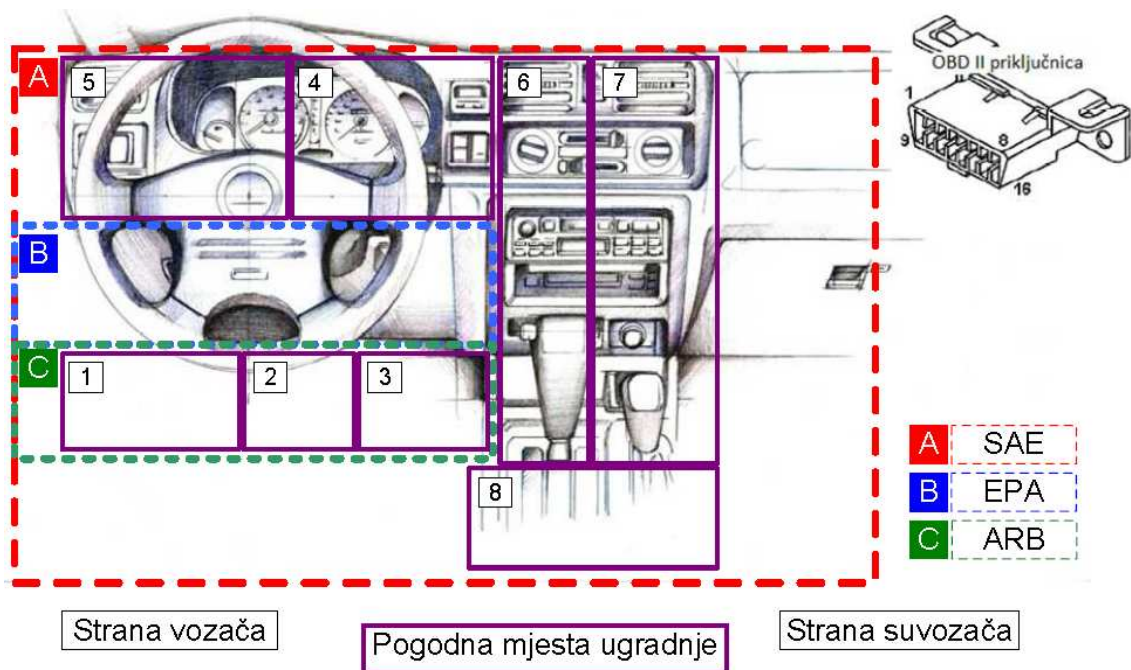
Da bi se uspostavila komunikacija s računalom u vozilu, od cijele priključnice najbitniji su pinovi 2 i 10 (kada se komunikacija između računala vozila i

dijagnostičkog uređaja obavlja po normi SAE J 1850), odnosno pinovi 7 i 15 (kada se komunikacija između računala vozila i dijagnostičkog uređaja obavlja po normi ISO 9141-2). Pinovi 4, 5 i 16 rezervirani su za napajanje, odnosno masu signala, a svi ostali pinovi su slobodni (nisu pokriveni normom za EOBD) i svaki proizvođač ih prema vlastitim potrebama može iskoristiti za komunikaciju vlastitog dijagnostičkog uređaja s uređajima u vozilu (računala ABS, ASR, ESP, mjenjača, CAN sabirnica, zračni jastuci itd.).

Osim rasporeda pinova u CARB priključnici norma SAE 1962 propisuje i mjesto na kojem se približno treba nalaziti dijagnostički priključak u unutrašnjosti vozila. Priključnica mora biti dostupna s vozačevog sjedala, a najčešće se smješta s lijeve ili desne strane upravljača iza plastičnih poklopaca koji se moraju moći skinuti bez upotrebe alata.



Slika 2.6. Položaj CARB priključnice na vozilu Audi A3 nalazi se dolje lijevo od kola upravljača, ispod prekidača za svjetla (fotografija je snimljena nakon što je skinut poklopac na priključnici) [1].



Slika 2.7. Područja mjesta ugradnje DLC-a u vozilu [5].

Tablica 2.2. Opis mjesta ugradnje DLC-a u vozilu.

Pozicija	Opis
1	Na strani vozača, ispod upravljačkog kola, +/- 150 mm
2	Na strani vozača, između vozačevih vrata i upravljačkog kola
3	Na strani vozača, između upravljačkog kola i središnjeg grebena
4	Na strani vozača, kontrolna tabla, između upravljačkog kola i središnjeg grebena
5	Na strani vozača, kontrolna tabla, između vozačevih vrata i upravljačkog kola
6	Središnji greben, vertikalna površina, lijevo od središnje linije vozila
6/7	Središnji greben, vertikalna površina, na središnjoj liniji vozila
7	Središnji greben, vertikalna površina, desno od središnje linije vozila ili na suvozačevoj strani središnjeg grebena
8	Središnji greben, horizontalna površina, ispred suvozačkog sjedišta
9	Bilo koja druga pozicija koja nije navedena

Kad računalo vozila utvrdi problem vezan uz neki sklop ili sami dio na vozilu, njegov sustav za dijagnostiku će upisat kod pogreške, DTC (engl. *Diagnostic Trouble Codes*) i pohranit će ga u vlastitu memoriju. Računalo također snima i takozvane "Freeze Frame", odnosno uvijete pri kojima se pojavila pogreška sustava zbog kojeg se upalio MIL) (engl. *Malfunction Indicator Lamp*). Određene pogreške uzrokuju paljenje MIL-a tek nakon što se pogreška pojavi dvije vožnje zaredom. Paljenjem upozoravajuće žaruljice na kontrolnoj tabli „Provjeri motor“ (engl. *Check Engine*) je uglavnom prvi znak da nešto nije uredu s motorom odnosno vozilom.



Slika 2.8. Uobičajeni izgled upozoravajuće žaruljice „Check engine“, MIL.

2.5. OBD-2 protokoli

Iako izgleda zbunjujuće, trenutno postoje pet protokola koji se koriste za OBD 2 sučelje. U pojedino vozilo je uglavnom instalirano sučelje koje se zasniva na samo jednom protokolu. U većini slučajeva je moguće ustanoviti koji se protokol koristi pregledavajući dijagnostičku priključnicu određenu normom SAE J1962. Suvremeni dijagnostički uređaji detektiraju sami o kojoj vrsti protokola je riječ u proceduri koja se automatski pokreće nakon uključivanja uređaja.

OBD-2 protokoli su:

1. SAE J1850 PWM (engl. *Puls Width Modulation*) (norma za vozila marke Ford)
 - Pin 2: Sabirnica – (engl. *Bus –*)
 - Pin 10: Sabirnica +
 - Visoki napon je + 5 V
 - Duljina poruke je ograničena na 12 bajtova (engl. *bytes*)
2. SAE J1850 VPW (engl. *Variable Puls Width*) (Promjenjiva širina impulsa) (norma za GM, engl. *General Motors*)
 - Pin 2: Sabirnica +
 - Visoki napon je + 7 V
 - Točka odluke je + 3.5 V
 - Duljina poruke je ograničena na 12 bajtova
3. ISO 9141-2. (Uglavnom se koristi na vozilima marke Chrysler te na vozilima Europskog i Azijskog podrijetla)
 - Pin 7: K vod
 - Pin15: L vod (neobavezan)
 - Duljina poruke je ograničena na 12 bajtova
4. ISO 14230 KWP2000 (*Keyword Protocol 2000*) normu koriste većina Europskih i Azijskih proizvođača vozila.
 - Pin 7: K vod
 - Pin 15: L vod (neobavezan)
 - Fizikalna razina signala identična sa ISO 9141-2
 - Poruka može sadržavati do 255 bajtova u podatkovnom polju
5. ISO 15765 CAN (250 kbit/s ili 500 kbit/s)
 - Pin 6: CANHigh
 - Pin 14: CANLow
 - Koristi se u većini suvremenih vozila

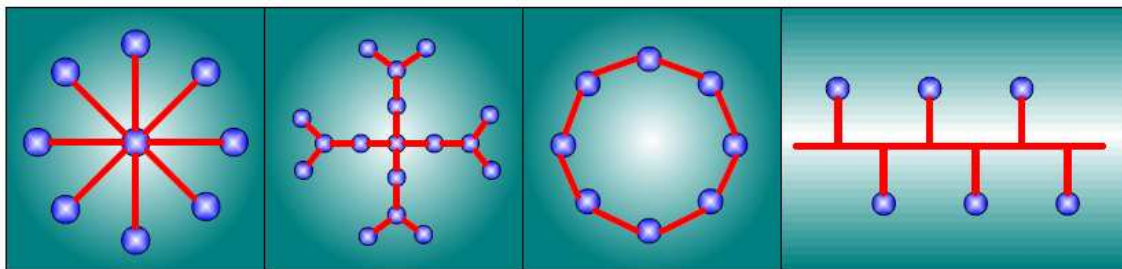
Pinovi 4 (minus pol baterije) i 16 (plus pol baterije) su sadržani u svim konfiguracijama. Norme ISO 9142 i ISO 14230 koriste iste pinove tako da se ne može razaznati koji se protokol koristi pregledavajući isključivo priključnicu.

3. CAN sabirnica

3.1. Topologija računalnih mreža

Računalne mreže se mogu podijeliti prema strukturi na:

1. Zvezdasta mreža
 - Sav promet kroz jedan čvor
 - Osjetljivost na kvar jednog čvora
2. Stablasta mreža
 - Hijerarhijska zvezdasta
3. Prstenasta mreža
 - Svako računalo spojeno na 2 susjedna
 - U modernim arhitekturama zbog otpornost na jednostruki prekid
4. Sabirnička mreža
 - Višespojno povezivanje
 - Nema središnjeg čvora



Slika 3.1. Struktura računalnih mreža: zvezdasta, stablasta, prstenasta i sabirnička.

CAN (engl. *Controller Area Network*) je serijski komunikacijski protokol koji je osmišljena prvenstveno za potrebe automobilske industrije ali se koristi i u ostalima granama industrije. Koristi se kod računalnih mreža velikih brzina pa sve do jeftinih električnih instalacija. Prvi protokol je definiran 1986. godine od strane SAE-a (engl. *Society of Automotive Engineers*).

Pojavom velikog broja elektroničkih i električnih uređaja u vozilu pojavila se potreba za njihovim povezivanjem radi razmjene podataka. Suvremeno vozilo može imati i više od 50 ECU-a (engl. *Electronic Control Units*) koji se koriste za razne podsustave u vozilu. Uglavnom, najveća je kontrolna jedinica koja upravlja radom motora, dok se ostale koriste za upravljanje radom mjenjačke kutije, zračnih jastuka, ABS-a (engl. *Anti-lock Brake System*), prozora, vrata, namještanje ogledala itd. Neki od ovih sustava su nezavisni, ali je međusobna komunikacija vrlo važna za funkcioniranje cijelog sustava vozila, te se to uspjelo postići s CAN sustavom.

3.2. Karakteristike CAN protokola

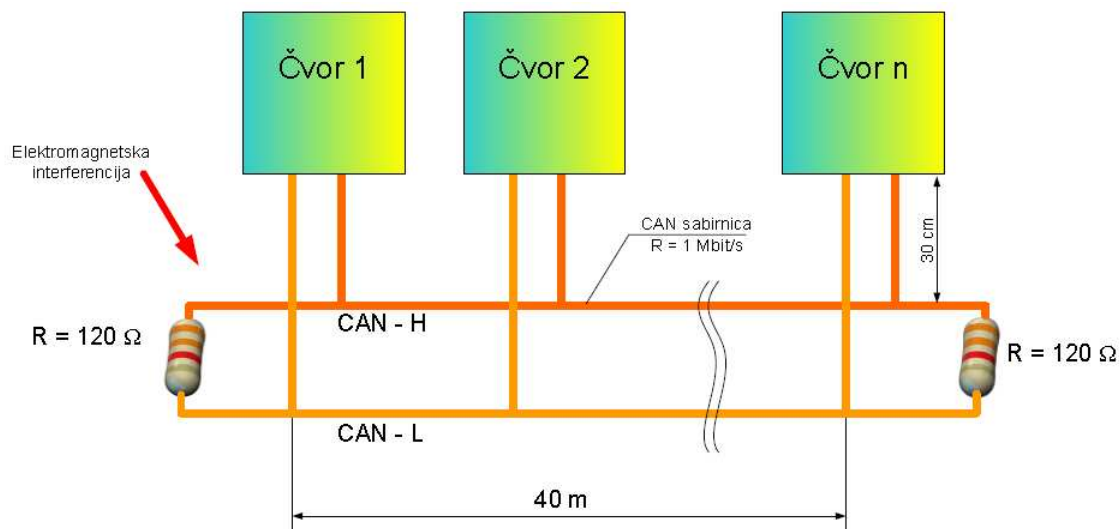
- Pouzdanost i robusnost
 - Pouzdana detekcija pogrešaka.
 - Svaki čvor je obaviješten o pogreškama.
 - Mali utjecaj vanjskih elektromagnetskih smetnji na rad sklopa.
- Fleksibilnost i brzina
 - Brzo i jednostavno spajanje i odspajanje CAN čvorova.
 - Nije određen broj čvorova koji se mogu spojiti na sabirnicu.
 - Nizak stupanj kašnjenja od trenutka zahtjeva do samog prijenosa podataka.
 - Brzina prijenosa podataka ovisi o duljini kabela (0,25 – 1 Mbit/s).
- Primanje i slanje podataka
 - Podaci se istovremeno prenose prema više čvorova na sabirnici.
 - Autodetekcija kvara na čvoru može rezultirati i autoisključivanjem čvora iz sabirnice. Nakon isključivanja podaci se više ne prenose prema tom čvoru.
 - Svi su čvorovi ravnopravni, ali u jednom trenutku samo jedan čvor može slati podatke dok ostali čekaju na red.

Definirane su dvije razine CAN protokola:

- a) Fizička razina: definira potrebna svojstva medija za prijenos podataka
- b) Podatkovna razina: definira konverziju digitalnih podataka u definirani slijed bitova

ad a) Fizička razina

- kao prijenosni medij koristi se žičana parica (dvije isprepletene žice) ili svjetlovod
- CAN čvor za komunikaciju koristi dvije vrste signala: T_{xd} slanje podataka i R_{xd} primanje podataka;
- Signale sa CAN čvora je potrebno konvertirati u diferencijalni signal, odnosno u oblik koji je primjenjiv na CAN sabirnici. Ovu funkciju obavlja tzv. driver (engl. *Differential Bus Driver*)



Slika 3.2. CAN sabirnica [3].

Svi čvorovi su direktno spojeni na CAN sabirnicu. Sabirnica na svakom kraju završava otpornicima od $120\ \Omega$, a oni se nazivaju terminatorima. Zbog ograničavajućih električnih svojstava „drivera“ moguće je spojiti do 32 čvora na sabirnicu. Kako bi se postigla brzina prijenosa podataka od 1 Mbit/s sabirnica mora biti kraća od 40 m, a svaki čvor mora biti udaljen od sabirnice maksimalno 30 cm. [3]

ad b) Podatkovna razina

- Definirane su četiri vrste poruka:
 - I. Paket podataka (engl. *Data Frame*). Podatkovni paket je osnovni paket koji prenosi konkretne podatke maksimalne duljine 64 bita.
 - II. Zahtjev za porukom (korisni podaci su odgovori) (engl. *Remote Frame*). Ova vrsta paketa se koristi kao zahtjev za određenim podacima. Paket podataka je odgovor na zahtjev.
 - III. Odgovor na pogrešku (engl. *Error Frame*). U slučaju detekcije pogreške šalje se poruka o pogrešci prema svim čvorovima.
 - IV. Odgoda slanja (poruke prema čvoru koji je poslao poruku) (engl. *Overload Frame*). Odgoda slanja slijedeće poruke prema čvoru.

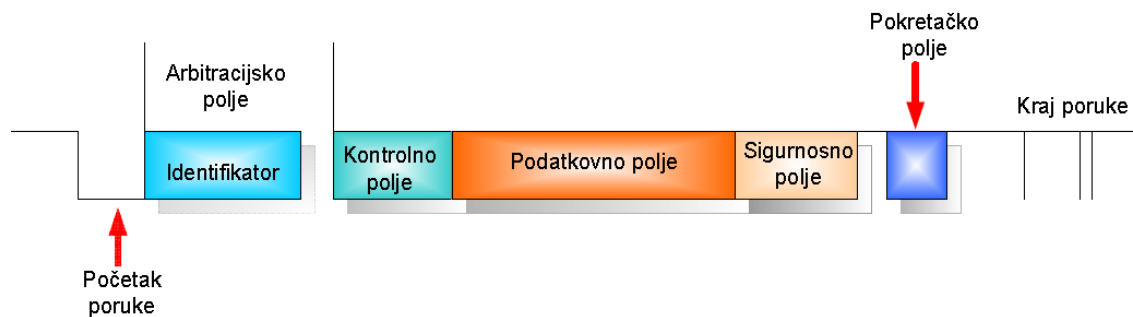
ad I) Paket podataka se sastoji od sedam različitih dijelova:

1. Početak polja (engl. *Start of frame*) koje označuje početak podatkovnog polja (engl. *Data frame*) i polja zahtjeva za porukom (engl. *Remote frame*). Početak polja sadrži jedan dominantan bit. Prijenos podataka je dozvoljen samo kad je sabirnica u stanju mirovanja.
2. Arbitracijskog polja (engl. *Arbitration field*) koje se sastoji od identifikatora i od RTR (engl. *remote transmission request*) bita.
3. Kontrolnog polja (engl. *Controle field*) koje se sastoji od šest bitova. Ono sadrži kod podatkovne duljine (engl. *Data lenght code*) i dva bita koja su rezervirana za daljnje proširenje. Rezervirani bitovi moraju biti poslani kao dominantni. Primatelj prihvata dominantne i recesivne bitove u svim

kombinacijama. Kod duljine podatka (engl. *Data lenght code*) označuje koliko je bitova uključeno u podatkovnom polju. Kod duljine podatka je širok četiri bita i poslan je unutar kontrolnog polja.

4. Podatkovno polje (engl. *Data filed*) koje se sastoji od podatka koji je poslan unutar podatkovnog paketa (engl. *Data frame*). Može sadržavati od 0 do 8 bajtova, od kojih svaki sadrži osam bitova.
 5. CRC polja (engl. *Cyclical Redundancy Check field*) koje sadrži CRC poredak (engl. *CRC sequence*) nakon čega slijedi CRC graničnik (engl. *CRC delimiter*). Ovo polje provjerava poredak izvedenih kodova cikličke redundancije koji su najprikladniji za polja koja sadrže manje od 127 bitova.
 6. ACK polja (engl. *ACKnowledge field*) koje je duljine dva bita te sadrži ACK otvor (engl. *ACKnowledge slot*) i ACK graničnik (engl. *ACKnowledge Delimiter*).
 7. U ACK polju se šalju dva recesivna bita.
 8. Kraj polja (engl. *End of field*).
- ad II) Polje zahtjeva za porukom (engl. *Remote frame*) se sastoji od šest različitih dijelova: Početka polja, arbitracijskog polja, kontrolnog polja, CRC, ACK i kraja polja. Prijenos podataka se inicira od strane čvornih izvora tako da se pošalje polje zahtjeva za porukom (engl. *Remote frame*).
- ad III) Polje pogreške (engl. *Error frame*) se sastoji od dva različita dijela. Prvom dijelu se dodjeljuje oznaka pogreške (engl. *Error flag*) dok se drugom dijelu dodjeljuje oznaka graničnika pogreške. Postoje dvije forme oznaka pogreške (engl. *Error flag*): Aktivna i pasivna oznaka pogreške.
1. Aktivna se sastoji od šest uzastopnih dominantnih bitova.
 2. Pasivna oznaka se sastoji od šest uzastopnih recesivnih bitova ukoliko nije prebrisana dominantnim bitovima sa nekog drugog čvora.
- ad IV) Polje odgode (engl. *Overload frame*) se sastoji od dvobitnog dijela oznake odgode (engl. *Overload flag*) i graničnika odgode (engl. *Overload delimiter*). Postoje dvije vrste uvjeta odgode koje vode do prijenosa oznake odgode:
1. Unutarnji uvjeti prijemnika, koji zahtijevaju odgodu sljedećeg podatkovnog polja ili polja zahtjeva za porukom.
 2. Otkrivanje dominantnog bita tijekom odgode.

Ako pojedini čvor raspolaže određenim podacima tada ih šalje u obliku podatkovnog paketa (engl. *Data Frame*). Ostali čvorovi u mreži su konfigurirani tako da podatke prihvate ili da ih zanemare.



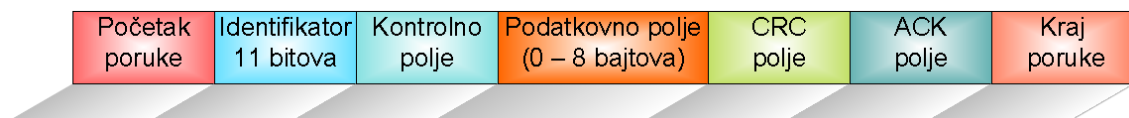
Slika 3.3. Shematski prikaz poruke.

Tablica 3.1. Opis pojedinih dijelova poruke.

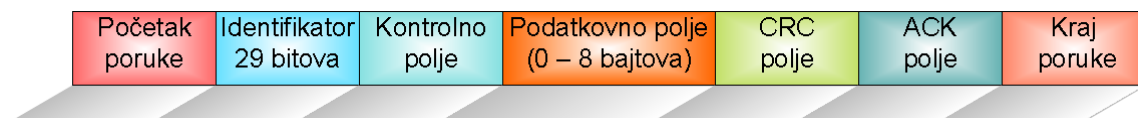
Naziv polja	Duljina [bit]	Opis polja poruke (engl. <i>Data Frame</i>)
Početak poruke (engl. <i>Start of Frame</i>)	1	Početak poruke
Arbitracijsko polje (engl. <i>Arbitration Field</i>)	2.0 A = 11 2.0 B = 29	Određuje prioritet poruke u slučaju da se dva ili više čvorova „natječu“ za prioritet unutar sabirnice
Kontrolno polje (engl. <i>Control Field</i>)	6	Broj bajtova u poruci
Podatkovno polje (engl. <i>Data Field</i>)	1 – 64	Korisni podaci npr. brzina kretanja vozila
Sigurnosno polje (engl. <i>CRC Field</i>)	16	Kontrola cikličke redundancije – kontrola pogrešaka (engl. <i>Cyclic Redundancy Check</i>)
Pokteračko polje (engl. <i>ACK Field</i>)	2	Potvrda prijema poslane poruke (engl. <i>ACKnowledge Field</i>)
Kraj poruke (engl. <i>End of Frame</i>)	7	Kraj poruke

Svaka CAN poruka (podatkovna ili zahtjev za podatkom) ima polje bitova za identifikaciju:

- ti se bitovi ujedno koriste i za arbitražu tj. dogovaranje koja će točka preuzeti sabirnicu ovisi o važnosti poruke koju želi poslati. Poruka razine 0 ima najveći prioritet,
- kod CAN 2.0 A identifikacijsko polje ima 11 bitova što omogućava 2048 različitih poruka,
- kod CAN 2.0 B identifikacijsko polje ima 29 bitova što omogućava $536 \cdot 10^6$ različitih poruka.

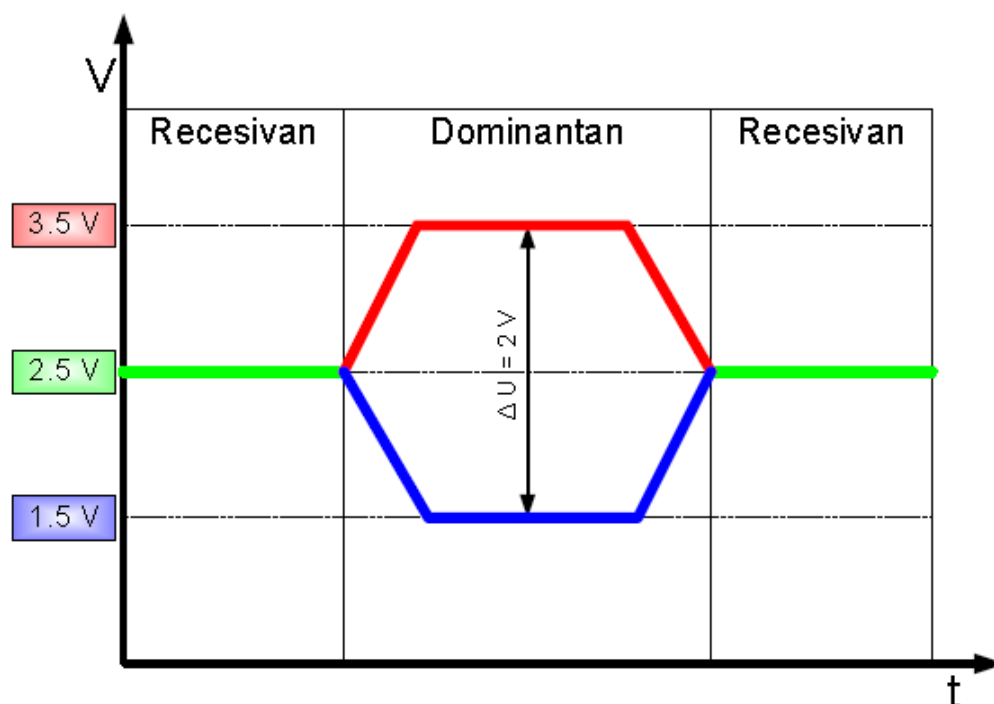


Slika 3.4. CAN 2.0 A ima 11-bitno identifikacijsko polje.



Slika 3.5. CAN 2.0 B ima 29-bitno identifikacijsko polje.

Ako prvi čvor zatraži neke podatke poslat će na sabirnicu (engl. *Remote Frame*) poruku i u arbitracijsko polje (engl. *Arbitration Field*) će upisati određeni broj. Kao odgovor pristiže podatkovna (engl. *Data Frame*) poruka od drugog čvora u kojoj će arbitracijsko polje imati identičnu vrijednost kao što je bila u (arbitracijskom polju) *Remote Frame* poruke prvog čvora.



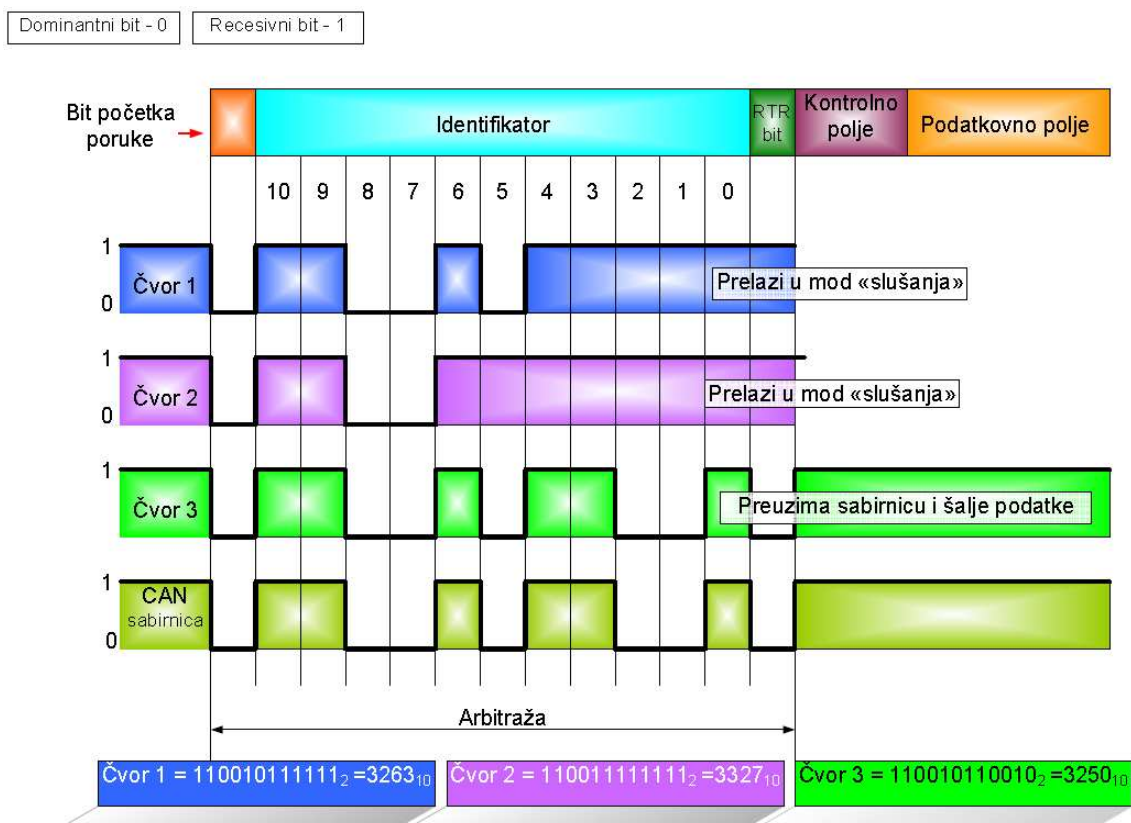
Slika 3.6. CANH i CAN-L [3].

Određivanje recesivnog i dominantnog stanja:

- Recesivno stanje = logička jedinica (U_{CAN-H} i $U_{CAN-L} = 2.5 \text{ V}$, $\Delta U = 0 \text{ V}$)
- Dominantno stanje = logička nula ($U_{CAN-H} = 3.5 \text{ V}$, $U_{CAN-L} = 1.5 \text{ V}$, $\Delta U = 2 \text{ V}$)

Postupak natjecanja za sabirnicu:

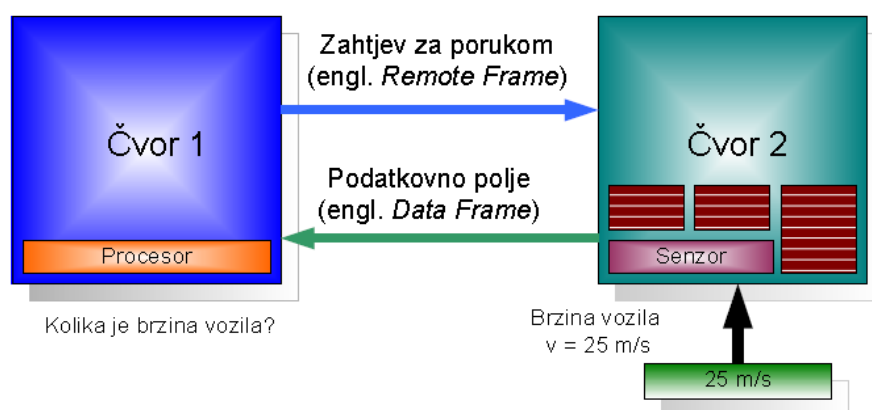
- Bitovi koji imaju dominantnu vrijednost (nula) „obrišu“ recesivnu vrijednost (jedan). Ovo je postupak tzv. bitovne arbitraže (engl. *Bitwise Arbitration*):
 - ako prvi čvor u identifikatoru poruke pošalje recesivni, a sa drugog čvora u identifikatoru poruke primi dominantni bit, tada se prvi čvor automatski prebacuje u način rada u kojem samo prima podatke. Niža binarna vrijednost identifikatora poruke znači da ta poruka ima viši prioritet.
 - kada na kraju ostane samo jedan čvor tada dobiva pristup sabirnici i šalje podatke svim ostalim čvorovima. Osnovni preduvjet za ovakav postupak arbitraže je da dva čvora na sabirnici ne šalju identično polje za arbitražu.
- Poredak dominantnih bitova u identifikatoru poruke ujedno određuje i prioritet poruke. U primjeru na slici 3.7. čvor 3 ima najmanju numeričku vrijednost (identifikatora) te ima najveći prioritet. Zatim slijedi čvor 1 koji ima veću numeričku vrijednost te čvor 2 koji ima najveću numeričku vrijednost identifikatora i posljednji u nizu dobiva „pravo“ korištenja sabirnice. [3]



Slika 3.7. Primjer arbitraže poruka [3].

3.3. Adresiranje i usmjeravanje poruka

Svaki CAN čvor će primiti svaku poruku koja se nalazi na sabirnici, a filteri u sklopu i programska podrška odlučuju da li su zainteresirani za poruku. Sam sadržaj poruke identificiran je putem identifikatora koji obavlja funkciju adresiranja i koristi se kod arbitraže za pristup sabirnici. U konvencionalnom pristupu adresiranju na sabirnicu se šalje poruka koja je adresirana za određeni čvor na sabirnici, dok u slučaju adresiranja kakav koristi CAN protokol na sabirnicu se šalje poruka koja je označena tako da opisuje podatke koje nosi. Ukoliko neki čvor zatraži informaciju o brzini vozila tada šalje *Remote Frame* tipa npr. *vehicle_speed*, a svi čvorovi koji mogu primiti ovaj tip poruke kao odgovor dobivaju podatkovno polje (identičnog tipa).

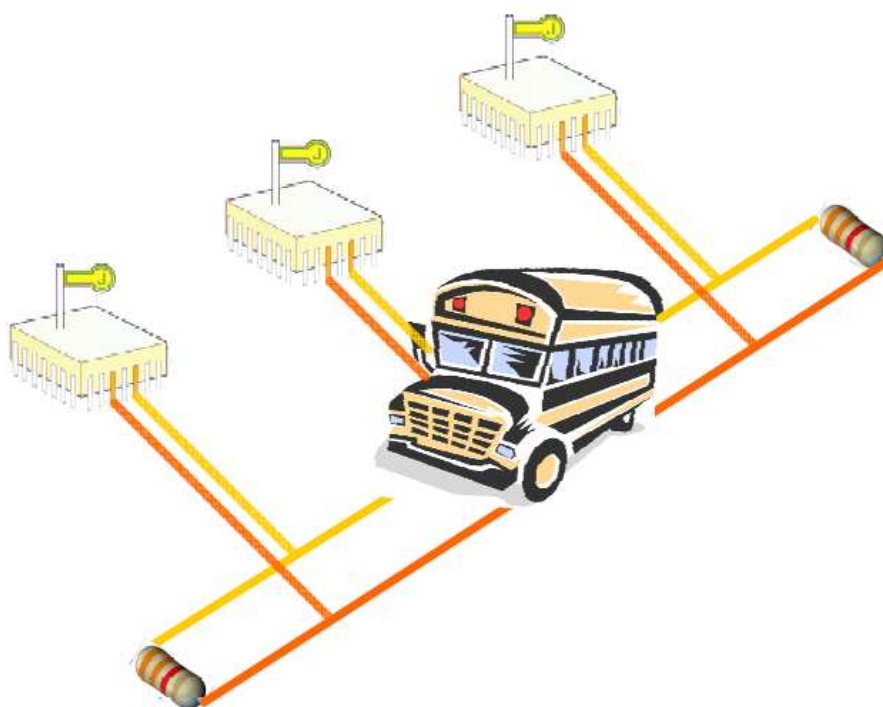


Slika 3.8. Komunikacija između dva čvora [3].

3.4. Sustav CAN sabirnice u vozilu

CAN sabirnica se koristi u većini vozila proizvedenih nakon 2004. godine. CAN protokol je korišten i izvan automobilske industrije. Od 2008. godine sva vozila prodana u SAD-u moraju imati ugrađenu CAN sabirnicu. Na taj je način eliminirana dvosmislenost raznih protokola.

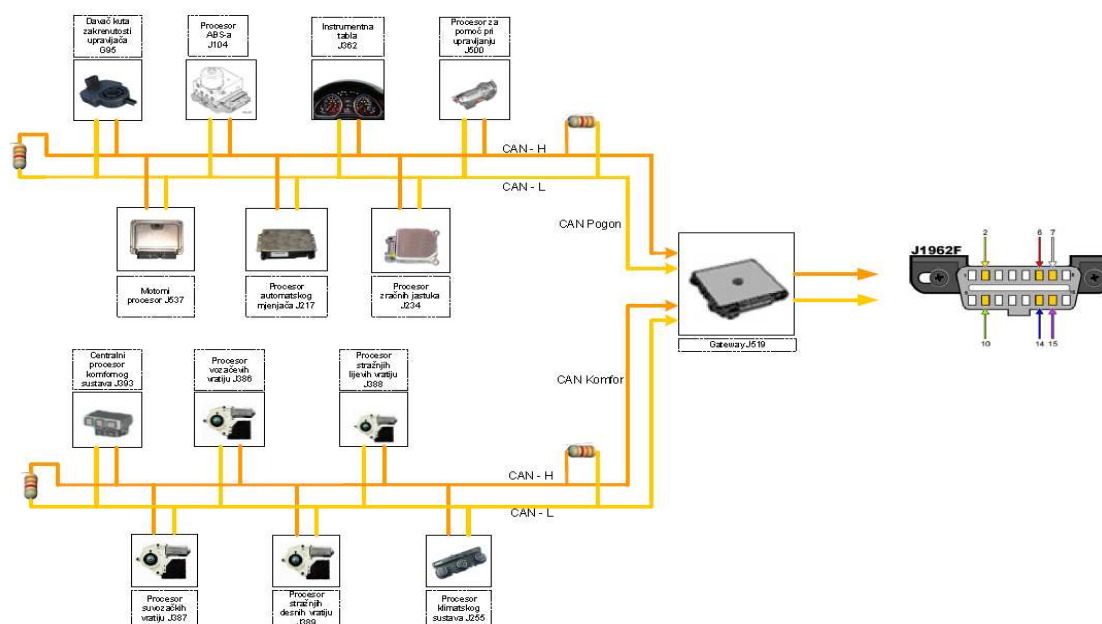
Fizički gledano CAN sabirnicu u pravilu čine dva vodiča, uglavnom upleteni jedan oko drugog, provučeni po cijelom vozilu i završavaju na svakom kraju s tzv. terminatorom, završnim članom s otporom od 120 Ω . Jedine komponente spojene na CAN sabirnicu su elektronički kontrolirane jedinice (čvorovi) (ECU, engl. *Electronic Control Unit*). Ostale komponente poput senzora, elektro motora, žarulja, prekidača itd. su spojene isključivo na ECU. Pojedina vozila imaju sustav sa CAN sabirnicom usporedno sa sustavom određenim normom ISO FDIS 14230-4 „Road Vehicles - Diagnostic Systems – Keyword Protocol 2000” sustavom. Oznaka FDIS označava konačni nacrt međunarodnog standarda (engl. *Final Draft International Standard*).



Slika 3.9. Ilustracija principa rada CAN sabirnice.

Vozila koja koriste CAN sabirnicu za ugrađenu automatsku dijagnostiku mogu se jedino spojiti na OBD-II dijagnostički uređaj koji koristi CAN sabirnicu. Od 2008. godine proizvođači vozila moraju koristiti EOBD protokol određen ISO 15765 normom, poznatim pod nazivom *Diagnostics On CAN*.

Dvije žice CAN sabirnice, CAN-H (CAN-High) i CAN-L (CAN-Low), imaju isti napon u stanju mirovanja (oko 2.5 V), ili razliku napona od 2 V kad je signal poslan na CAN sabirnicu. Kad je signal poslan na CAN sabirnicu, CAN-H ima veći napon nego CAN-L. Svaki ECU ima vlastiti CAN identifikacijski kod, u obliku adrese. Ako određeni ECU želi komunicirati sa nekim drugim ECU-om tada mora poznavati njegov vlastiti CAN identifikacijski kod.

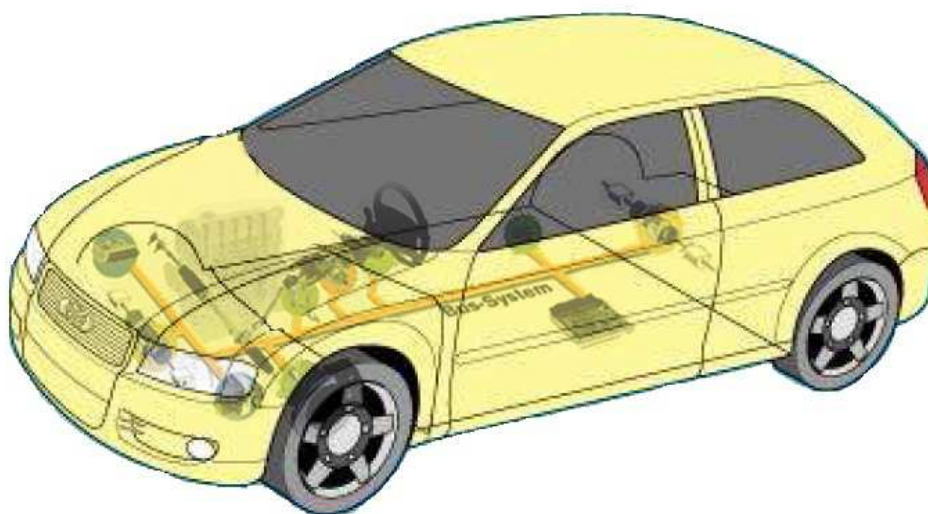


Slika 3.10. Shema CAN sabirnice i upravljačkih uređaja suvremenog osobnog vozila.

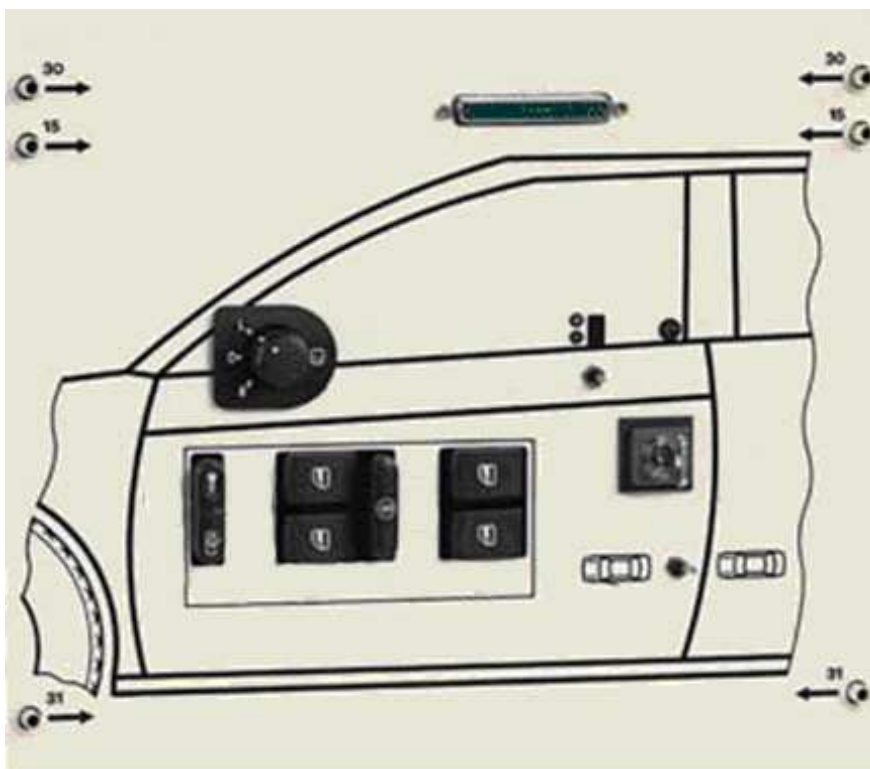
Ako se želi provjeriti da li vozilo posjeduje CAN sabirnicu, tada se na OBD priključnici spoji instrument za mjerenje električnog otpora na pinove 6 i 14. Zbog ugrađenih otpora na krajevima sabirnice, na svakom kraju iznosi 120 Ω , tada ukupan otpor koji ohmmetar treba pokazivati je 60 Ω .

Normom SAE J1979 je određena metoda kojom se očitavaju podatci i popis normiranih parametara dostupnih sa ECU-a. Razni parametri koji su dostupni i adresirani pomoću parametarskog identifikacijskog broja, PID-a (engl. *Parameter IDentification*) su određeni normom SEA J1979.

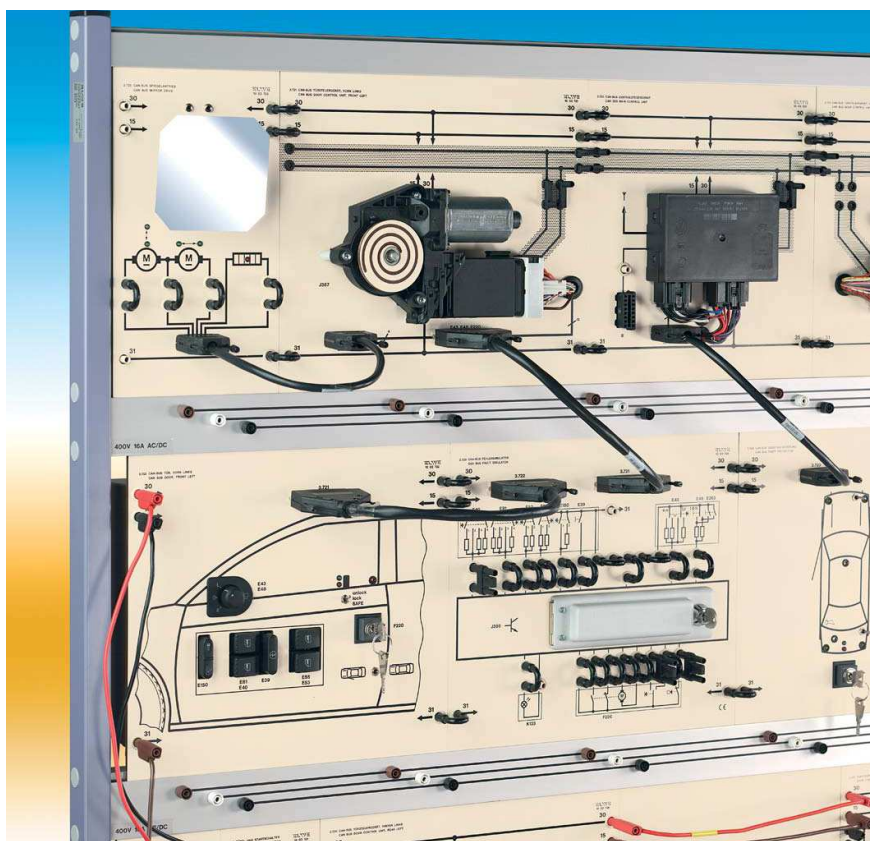
Vozila su opremljena sa senzorima i aktuatorima radi smanjenja štetnog djelovanja ispušnih plinova na okoliš i povećanja sigurnosti i udobnosti vozila. Radi smanjenja broja žica te ujedno i mase neophodnih instalacija u vozilu tvrtka Bosch je razvila i predstavila serijski sistem sabirnica CAN-a (engl. *Controller Area Network*) 1986. godine.



Slika 3.11. Shematski prikaz CAN sabirnice u vozilu [21].



Slika 3.12. Model CAN sabirnice ugrađene u vrata vozila [4].



Slika 3.13. Edukacijski model spojenih aktuatora za ogledala, kontrola vrata, glavni kontrolni uređaj, simulator pogreške i imobilizator [4].

3.5. Norme i raspored pinova kod OBD II CAN sabirnice

Sustav CAN sabirnice je normiran u ISO 11898-1 *Road vehicles - Controller area network (CAN) -Part 1*.

Uz tu normu povezano je još nekoliko normi:

- **ISO 11898-1:** CAN Podatkovni sloj i fizikalna signalizacija (engl. *Data Link Layer and Physical Signalling*)
- **ISO 11898-2:** CAN High-Speed jedinica za pristup mediju (engl. *Medium Access Unit*). Koristi se izvedba sa dvije žice, te je ovo najkorišteniji fizički sloj u pogonskom sustavu vozila i industrijskim kontrolnim mrežama.
- **ISO 11898-3:** CAN Low-Speed, sustav tolerantan na kvarove, medijski ovisno sučelje (engl. *Fault-Tolerant, Medium-Dependent Interface*)
- **ISO 11898-4:** CAN Vremenski pokrenuta komunikacija (engl. *Time-Triggered Communication*). Temelji se na serijskom komunikacijskom protokolu koji podržava kontrolu raspoređivanja poruka u stvarnom vremenu.
- **ISO 11898-5:** CAN High-Speed jedinica za pristup mediju s modom niske snage (engl. *Medium Access Unit with Low-Power Mode*)
- **ISO 11783-2:** 250 kbit/s, poljoprivredna norma, koriste se četiri žice, dvije za CAN i dvije za prekidanje naponskog kruga (TBC, engl. *terminating bias circuit*), plus pol i minus. Ova sabirnica se koristi kod poljoprivrednih strojeva, te omogućuje priključivanje pomoćnih uređaja na vozilo.
- **SAE J1939-11:** 250 kbit/s, koristi se oklopljeni par isprepletenih žica (STP, engl. *Shielded Twisted Pair*). SAE 1939 se koristi u poljoprivrednim strojevima i u građevinskoj opremi.
- **SAE J1939-15:** 250 kbit/s, isprepleteni par žica bez oklopa (engl. *UnShielded Twisted Pair*, UTP).
- **SAE J2411:** Single-wire CAN (SWC)

3.6. Komunikacija između računala u vozilu i dijagnostičkog uređaja

Sva vozila pogonjena Ottovim motorom proizvedena nakon 2000. godine trebaju imati ugrađen EOBD sustav, dok sva vozila pogonjena Dieslovim motorom taj sustav trebaju imati nakon 2004. godine.

Normom ISO 9141-2 propisana je komunikacija između računala u vozilu i dijagnostičkog uređaja. Međutim, u međuvremenu od donošenja ove norme (1991. godine) donesene su još dodatne norme kojima se propisuje komunikacija s računalom vozila.

Uređaj za dijagnosticiranje može komunicirati sa bilo kojim vozilom koje posjeduje EOBD sustav koristeći jedan od četiri protokola definiranih pomoću sljedećih normi:

1. **ISO 9141-2** „*Road Vehicles - Diagnostic Systems - CARB Requirements for the Interchange of Digital Information*”; Ova norma se najčešće upotrebljava u vozilima europskih proizvođača sa sporom komunikacijom između računala u vozilu i dijagnostičkog uređaja.
2. **ISO FDIS 14230-4** „*Road Vehicles - Diagnostic Systems – Keyword Protocol 2000*”; Oznaka FDIS označava konačni nacrt međunarodnog standarda (engl. *Final Draft International Standard*). Kao i prethodna i ova norma se najčešće upotrebljava u vozilima europskih proizvođača ali s brзом komunikacijom između računala u vozilu i dijagnostičkog uređaja.
3. **ISO FDIS 11519-4 (SAE J 1850)** „*Road Vehicles - Low Speed Serial Data Communication - Class B Data Communication Interface*”; Ova norma se najčešće koristi u vozilima američkih proizvođača i to s dvije brzine pristupa računalu. S brzinom pristupa od 41,6 kb/s i PWM (engl. *Pulse Width Modulation*) tipom signala (npr. Ford) i s brzinom pristupa od 10,4 kb/s i VPW (engl. *Variable Pulse Width*) tipom signala (npr. GM).
4. **ISO WD 15765-4** „*Road vehicles – Diagnostic systems Diagnostics on CAN – Requirements for emission related systems*” Oznaka WD predstavlja radni nacrt (engl. *Working Draft*). Ova norma se upotrebljava na vozilima koja su opremljena CAN sabirnicom, odnosno gdje se komunikacija s računalom motora ne obavlja izravno nego preko CAN sabirnice (sva računala na vozilu su umrežena).

Kada se serijska komunikacija uspješno uspostavi, dijagnostički uređaj obavještava kakve sve sustave pronalazi u mreži odnosno na vozilu. Prepoznavanje i adresiranje pojedinih sustava definirano je normom SAE J 2178 tako da svaki sustav na vozilu ima svoju numeričku adresu. Pojedini dijagnostički uređaji ne ispisuju samo numeričku adresu već i naziv računala s kojim je uspostavljena komunikacija. Ovo uobičajeno rade dijagnostički uređaji pokretani pomoću stolnog računala (PC-a), koja na svojim zaslonima imaju dovoljno mjesta za ovakve poruke. Dijagnostički uređaji namijenjeni samo EOBD ispitivanju, s obzirom da ne mogu ispitivati ostale sustave po vozilu, ponekad umjesto adrese jednostavno ne ispisuju ništa jer je uobičajeno da se takvi uređaji spajaju samo na računalu motora.

Sve informacije koje dijagnostički uređaj može zabilježiti na nekoj adresi (od \$00 do \$17) nazivaju se PID-ovi (engl. *Parameter Identification*), a ako se u nekom modu rada treba izvesti testiranje onda se te memorirane vrijednosti nazivaju TID-ovi (engl.

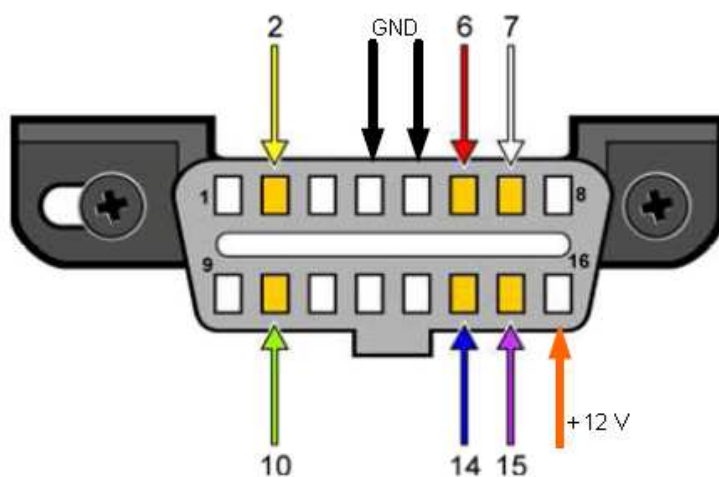
Test IDentification)). PID-ovi i TID-ovi se označavaju heksadecimalnim brojevnim tj. od \$00 do \$FF. Na svakoj adresi teorijski može postojati najviše 256 PID-ova, ali se u praksi koristi znatno manji broj.

3.6.1. Određivanje sustava za dijagnostiku u vozilu

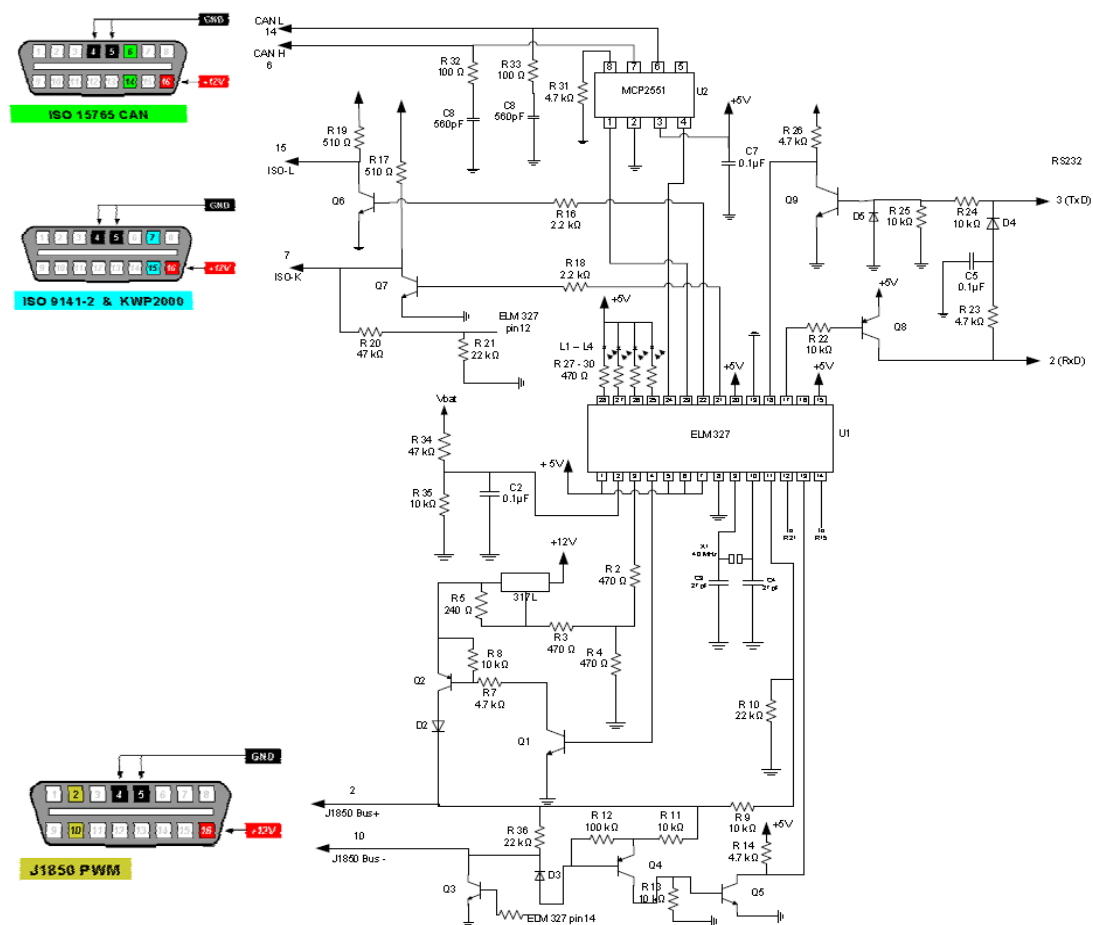
Relativno je lako odrediti koja se norma koristi u vozilu tako da se pregleda dijagnostičku priključnicu. Osim toga i sam uređaj za dijagnostiku ima program koji automatski pronalazi koji se norma koristi u vozilu.

Pregledom odnosno ispitivanjem dijagnostičke priključnice može se zaključiti:

- Ako priključnica ima spojeve na pinovima 7 i 15 tada vozilo koristi ili ISO 9141-2 ili ISO FDIS 14230-4 (*Keywords 2000*) protokol.
- Ako priključnica ima spojeve na pinovima 2 i 10 tada vozilo koristi jedan od protokola ISO FDIS 11519-4 (SAE J 1850 PWM ili SAE J 1850 VPW)
- Ako priključnica ima spojeve na pinovima 6 i 14 tada vozilo koristi protokol ISO WD 15765-4 protokol (koji se u praksi naziva i CAN protokol).



Slika 3.14. Izgled 16 pinske EOBD priključnice prema normi SAE J1962 smještene unutar vozila.



Slika 3.15. Električka shema sučelja između EOBd priključnice i serijskog porta RS 232

Elektronički sklop tzv. interface ili sučelje prema slici 3.15. omogućuje komunikaciju prema normama ISO 15765-4 CAN, SAE J1850 PWM, SAE J1850 VPW, ISO 9141-2, ISO 14230-4 i SAE J1939.

4. Načini rada dijagnostičkog uređaja

Normom ISO 15031-5 (SAE J 1979) *Road vehicles - Communication between vehicle and external equipment for emissions-related diagnostics* opisano je funkcioniranje i format podataka za pojedine načine rada. Norma propisuje 9 načina (engl. *Mode*) rada (način 01 do 09) dijagnostičkog uređaja.

- **Mode 01** - se koristi za identifikaciju koje pogonske jedinice (engl. *Powertrain*) su dostupne za dijagnostički uređaj. U ovom načinu rada dijagnostički uređaj iščitava PID-ove koji opisuju trenutne vrijednosti sustava s kojima motor radi. Npr. u ovom načinu rada mogu biti dostupne informacije poput:
 - ulaznih ili izlaznih analognih signala poput brzine vrtnje motora, temperature motora, napona na lambda sonde itd.;
 - ulaznih ili izlaznih digitalnih signala poput informacije o tome da li je pritisnuta spojka, da li je zaklopka za snagu u položaju za prazni hod ili je širom otvorena (engl. *Wide Open Throttle*, WOT) itd.;
 - proračunski elementi kojima računalno motora upravlja radom motora poput vremena otvorenosti brizgaljki (vrijeme brizganja) itd.;
 - informacije o trenutnom statusnom stanju (da/ne) pojedinih sustava na vozilu poput: uključenost i postojanje klima-uređaja, postojanje CAN sabirnice, postojanje ABS-a, ASR-a, ESP-a, itd..
- **Mode 02** - U ovom načinu rada dijagnostički uređaj čita vrijednosti podataka (engl. *Freeze Frame*) koji su memorirani (zapisani) u trenutku nastupanja neke pogreške. Na taj se način mogu pročitati podaci o memoriranoj pogrešci (npr. P0122 što znači da je došlo do pogreške na senzoru pedale akceleratora). Iz zapisanih podataka može se npr. utvrditi da je pogreška nastupila dok je motor radio brzinom vrtnje 850 min^{-1} , temperatura rashladnog sredstva motora je tada bila 19°C , a motor je radio na opterećenju od 25,5% itd. Ovdje prikazane vrijednosti su uobičajeno isti PID-ovi (iste vrijednosti) koje se mogu vidjeti i u modu 01 s tim da se tamo prikazuju trenutne vrijednosti rada motora, a u ovom modu rada prikazuju se vrijednosti koje su zabilježene u trenutku nastajanja pogreške u sustavu.
- **Mode 03** - ispisuje peteroznamenaste brojeve odnosno kodove nastalih pogrešaka. Ovo je uobičajeni i poznati dijagnostički način rada. U ovom načinu rada dijagnostički uređaj čita sve kodove pogrešaka (neki EOBD čitači uz kod pogreške prikazuju i objašnjenje što određena šifra znači). Npr. ako dijagnostički uređaj pročita pogrešku P0100 to znači da je pogreška negdje na senzoru koji mjeri maseni protok zraka u motor. U ovom načinu rada ne mora biti prikazana samo jedna pogreška već se prikazuju sve pogreške koje su spremljene u memoriju odgovarajućeg ECU-a. Najčešće ima više memoriranih pogrešaka za samo jedan kvar. Važno je naglasiti da se u ovom načinu rada iščitavaju tzv. potvrđene pogreške u sustavu. To znači da se pogreška dogodila najmanje tri puta pa je stoga memorirana u računalu kao trajna pogreška. Ovaj način rada (mode 03) je normiran način za iščitavanje pogrešaka pohranjenih u računalu uz pomoć EOBD sustava.
- **Mode 04** – se koristi za brisanje dijagnostičkih podataka vezanih uz emisiju ispušnih plinova. To uključuje i brisanje kako spremljenih DTC-ova tako i onih u nastajanju, uključujući i *Freeze Frame* podatke. Također, pokretanjem ovog dijela

programa brišu se i sve nepotvrđene pogreške koje se trenutno nalaze u modu 07. Kada se jednom provede brisanje svih pogrešaka i testnih rezultata na nikakav način se više ne može rekonstruirati postojanje tih informacija na motoru (osim ako motor nije popravljen pa će se iste pogreške ponoviti).

- **Mode 05** - omogućuje nadzor λ sonde te podatke vezane uz tu sondu. Postoji devet mogućnosti za dijagnozu:
 - 01 Granica napona λ sonde od bogate prema siromašnoj smjesi
 - 02 Granica napona λ sonde od siromašne prema bogatoj smjesi
 - 03 Granica niskog napona na sondi za mjerenje vremena prekidača
 - 04 Granica visokog napona na sondi za mjerenje vremena prekidača
 - 05 Vrijeme prekidanja (u milisekundama) od bogate prema siromašnoj smjesi
 - 06 Vrijeme prekidanja (u milisekundama) od siromašne prema bogatoj smjesi
 - 07 Najniži napon za testiranje
 - 08 Najviši napon za testiranje
 - 09 Vrijeme između prijelaza napona (u milisekundama)
- **Mode 06** - se koristi za praćenje rezultata kontinuiranog i nekontinuiranog sistema praćenja ugrađene automatske dijagnostike. To su uglavnom najmanje i najveće vrijednosti te trenutne vrijednosti pojedinog nekontinuiranog praćenja. Ovaj način rada razlikuje se od proizvođača do proizvođača vozila. Naime, EOBD sustavom nije definirano što se u ovom načinu rada treba prikazati ili testirati te se uobičajeno u ovom načinu rada prikazuju one vrijednosti ili funkcije pojedinih senzora ili sklopova koji nisu pokriveni EOBD promatranjem.
- **Mode 07** - se koristi za dijagnostičke pogreške vezane uz emisiju ispušnih plinova nastale za vrijeme posljednje ili zadnje završene vožnje. Omogućava testnoj opremi da održi dijagnostičke pogreške „u nastajanju“ vezane uz dijelove odnosno sklopove koji utječu na emisiju štetnih plinova otkrivene za vrijeme posljednje ili zadnje završene vožnje. Ovaj mod je važan za servisere da vide da li je kvar koji je zabilježen putem dijagnostičkog uređaja otklonjen, odnosno nakon brisanja pogreške sa sustava i jedne vožnje vozila da li će se opet očitati pogreška.
- **Mode 08** - Ovaj način rada predviđen je za ciljano pokretanje pojedinih testova izvršnih elemenata (aktuatora) na pojedinim sklopovima motora (njem. *Stellglieder test*). Npr. ovdje se može pokrenuti test kojim se otvara ventil na spremniku benzinskih para iz spremnika goriva, test kojim se pokreće EGR ventil, test kojim se podižu igle u brizgaljkama ili test kojim se pokreće zaklopka za promjenu obujma usisne grane itd.. Serviser najčešće osluškivanjem pojedinih aktuatora provjerava da li oni stvarno rade.
- **Mode 09** - se koristi za pronalaženje bitnih informacija o vozilu poput:
 - VIN oznake (engl. *Vehicle Identification Number*),
 - CALID (engl. *Calibration Identification*), identifikacijski broj programa instaliranog na ECU,

- CVN (engl. *Calibration Verification Number*), broj koji se koristi za provjeru integriteta programske opreme u vozilu,
- Brojilo trenutnih procesa u vozilu,
- Kod Ottovog motora:
 - o Postojanje katalizatora.
 - o Postojanje lambda senzora.
 - o Postojanje sustava za recirkulaciju ispušnih plinova (EGR, engl. *Exhaust Gas Recirculation*).
- Kod Dieselog motora:
 - o Postojanje NOx reducijskog katalizatora.
 - o Postojanje adsorpcijskog filtera čestica.
 - o Postojanje određenog sustava napajanja gorivom.
- **Mode 0A** ispisuje pohranjene stalne ili trajne (engl. *permanent*) pogreške vezane uz emisiju ispušnih plinova. Prema CARB-u svaki dijagnostički kôd zbog kojeg se uključuje MIL i sprema u neizbrisivu memoriju mora bit zapisan kao kod stalne pogreške.

5. Dostupni podatci putem OBD-II

OBD-II omogućuje pristup brojnim podacima pohranjenim u ECU-u i nudi dragocjenu informaciju o tome kada se i pod kojim uvjetima pogreška na sustavu dogodila. Norma SAE J1979 definira metodu prikupljanja dijagnostičkih podataka i popis normiranih parametara koji su dostupni putem ECU-a. Razni dostupni podatci su adresirani pomoću parametarskih identifikacijskih brojeva, PID-ova (engl. *Parameter Identification*) koji su definirani u SAE J1979. Proizvođači vozila nisu obvezni iskoristiti sve PID-ove sa popisa iz SAE J1979 i omogućeno im je da uvedu prioritete PID-ove koji nisu na popisu. Zahtjev za PID-ovima i sistemom za prikupljanje podataka daje nam uvid u podatke prikupljene u stvarnom vremenu (engl. *real time*) kao i oznake DTC-a (engl. *Diagnostic Trouble Codes*). Pojedini proizvođači proširuju OBD-II kodove sa dodatnim prioritetskim DTC-ovima.

5.1. Struktura OBD kodova pogrešaka (DTC)

Komunikacija između računala ugrađenog u vozilu i krajnjeg korisnika se odvija uz pomoću dijagnostičkih uređaja putem dijagnostičkih kodova pogrešaka. Kada računalo prepozna i odredi problem, formira se određeni DTC za taj problem te pohrani u memoriju računala. Ti kodovi su predodređeni kako bi pomogli korisniku da odredi izvor nastalog problema.

Liste pogrešaka određene su normom ISO DIS 15031-6 (SAE J 2012) "*Power-train system diagnostic trouble codes*" (engl. *P0 fault codes*) i sva vozila s EOBD sustavom, ako isti zabilježi neku pogrešku na sustavu moraju tu pogrešku pohraniti s jednim od tih kodova. Oznaka DIS označava nacrt međunarodnog standarda (engl. *Draft International Standard*). Pogreške su uvijek jednake strukture i numeričke oznake uz pojedine pogreške uvijek imaju ista značenja (pojedini dijagnostički uređaji na početku koda pogreške ne postavljaju slovo „P” jer se podrazumijeva da se pogreške za sada iščitavaju samo s pogonske jedinice (engl. *Powertrain*), a i proizvođači dijagnostičke opreme time štede prostor na ekranskom prikazu.

Kodovi pogrešaka se sastoje od 5 mjesta (npr. P 0 1 0 1) gdje svaka pozicija ima svoje određeno značenje:

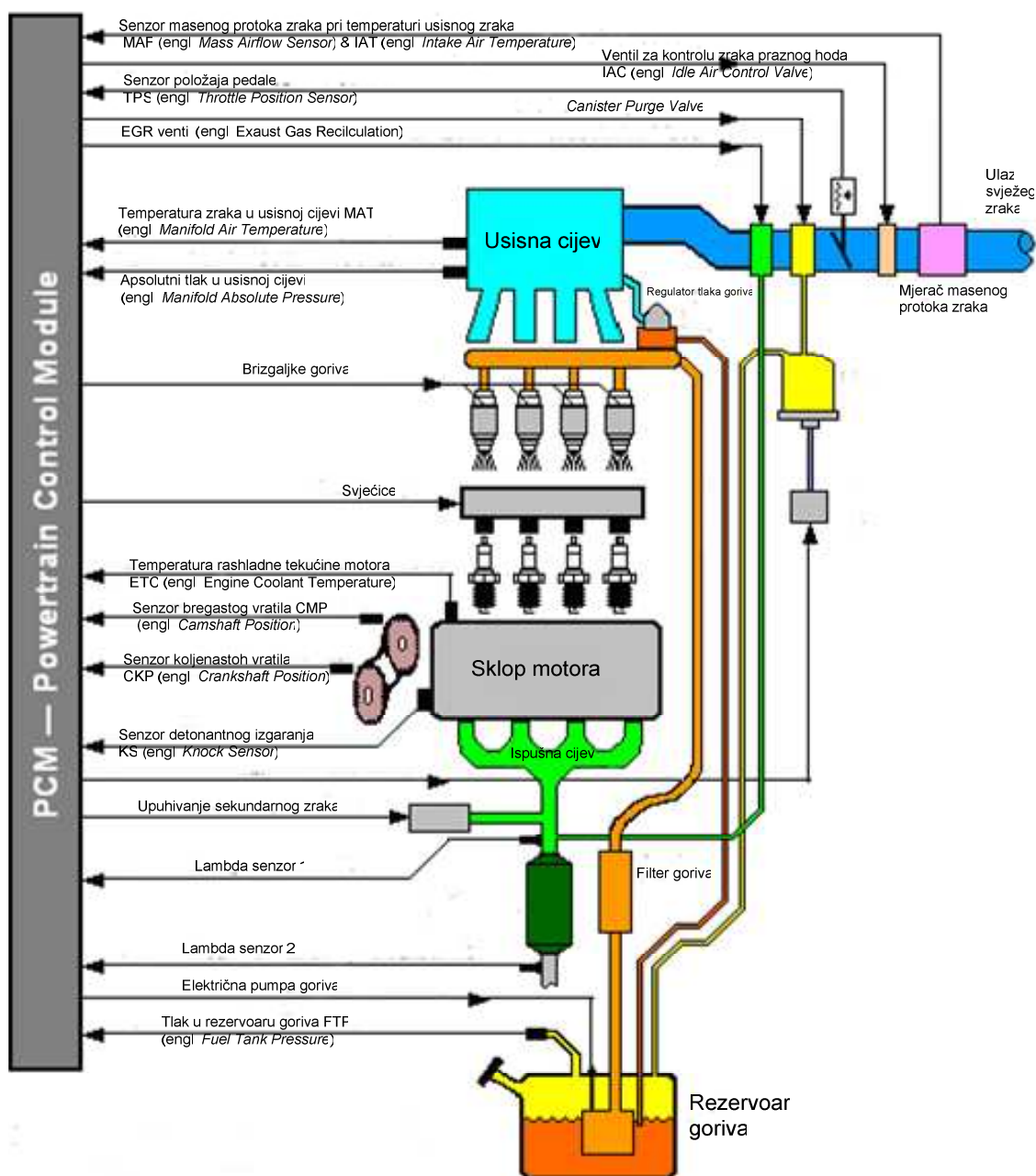
- Prvo mjesto u DTC-u određuje slovo koje identificira glavni sustav gdje je pogreška nastala.

Tablica 5.1. Slovo na prvom mjestu u DTC-u određuje na koji dio vozila se kôd odnosi.

Oznaka na tom mjestu	Značenje oznake
P	Pogon (engl. <i>Powertrain</i>)
B	Karoserija (engl. <i>Body</i>)
C	Šasija (engl. <i>Chassis</i>)
U	Mreža (engl. <i>Network</i>)

Pod pojmom pogon se smatra:

- motor (kao osnovni skup),
 - uređaji za napajanje gorivom, podmazivanje, hlađenje, paljenje (kod Ottovog motora),
 - transmisija (spojka, mjenjač, kardansko vratilo, diferencijal).



Slika 5.1. Shematski prikaz PCM-a (engl. Powertrain Control Module) [22].

Šasija (engl. Chassis) je jedan od tri osnovna dijela vozila (uz karoseriju i opremu vozila (u opremu vozila spadaju pokazivači smjera, zvučna signalizacija, brisači vjetrobranskih stakala sa pripadajućim uređajima, ogledala, itd.)).

Pod pojmom šasija) vozila podrazumijevaju se sljedeći dijelovi vozila:

- hodni dijelovi (okvir, ovješnje, osovine s kotačima),
- uređaj za upravljanje,
- uređaj za kočenje,
- elektro uređaji (akumulator, alternator, svjetla i signalizacija).

Karoserija (engl. *Body*) se definira kao nadgradnja šasije na koju se učvršćuje. Karoserija služi za smještaj putnika, njihove prtljage ili tereta, a kod suvremenih putničkih vozila, se izvodi kao prostorna rešetka kod autobusa ili „ljuskasta“ (školjkasta) kod osobnih vozila koja preuzima opterećenja (tzv. samonosiva karoserija).

- Drugo mjesto DTC-a je numerička znamenka koja opisuje podskupinu sustava koji se promatra odnosno to je broj koji određuje općenite ili proizvođačeve karakteristike.

Tablica 5.2. Drugo mjesto DTC-a određuje tip koda.

Što se opisuje	Vrijednost	Značenje oznake
Podskupina sustava koji se promatra	0	EOBD greške
	1	Greške koje kontrolira proizvođač vozila
	2	Greške koje kontrolira proizvođač vozila
	3	Nije još određeno

- Treće mjesto je također broj koji upućuje na određen sustav ili podsustav gdje se problem, pogreška, nalazi. Ako je prva oznaka u kodu „P“ (Pogon) tada treća oznaka određuje specifične sklopove ili dijelove predmetnog sustava.

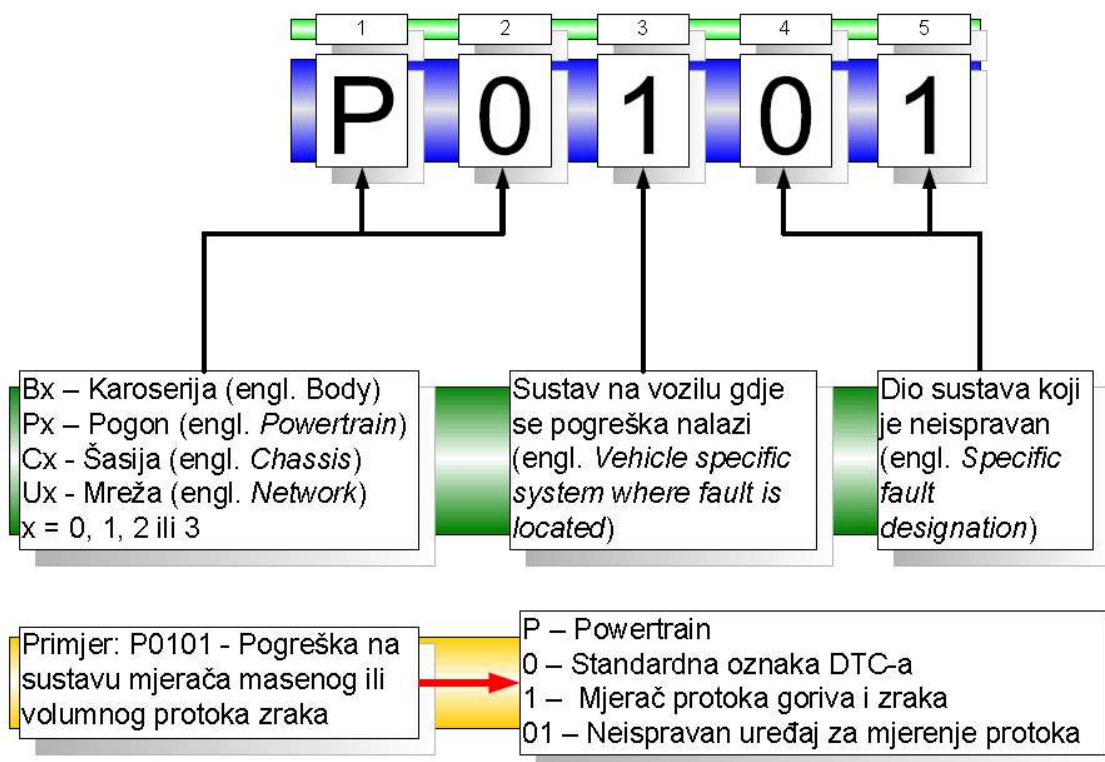
Tablica 5.3. Značenje trećeg mjesto koda ako je na prvom mjestu P.

Vrijednost	Značenje oznake
1	Mjerač protoka goriva i zraka
2	Mjerač protoka goriva (pogreška na sustavu za ubrizgavanje)
3	Sustav paljenja
4	Pomoćni sustav za kontrolu ispušnih plinova
5	Kontrola brzine vozila i sistem rada u praznom hodu
6	Izlazni krug računala
7	Transmisija, mjenjačka kutija
8	Transmisija, mjenjačka kutija

- Na četvrtom i petom mjestu su brojevi koji određuju dio sustava koji je neispravan.

Tablica 5.4. Četvrto i peti mjesto koda pogreške.

Vrijednost	Značenje oznake
01 do 99	Razni dijelovi i uređaji koji su bitni za funkcioniranje određenog sklopa na motoru



Slika 5.2. Primjer očitane pogreške prema normi SAE J2012 [5].

DTC-ovi su podijeljeni na obvezne i dobrovoljne kodove. Obvezni kodovi su opisani ISO i SAE normama. Dobrovoljne kodove određuju sami proizvođači vozila te su samo njima svojstveni. ISO, SAE kontrolirani dijagnostički kodovi su oni kodovi u kojima je postignuta industrijska jednakost. Svi neodređeni brojevi u pojedinim grupama kodova su rezervirani za budući razvoj i proširenja.

5.2. Pregled dijagnostičkih pogrešaka (DTC-a) prema grupaciji VAG

Grupacija VAG (VW, Audi, Škoda, Seat) u svojim vozilima koristi prošireni skup DTC-ova. Pregled DTC-a je organiziran u skladu s VAG i SAE (OBD-II) kodovima pogrešaka.

Tablica 5.5. Pregled nekih od DTC-a kod VAG-a.

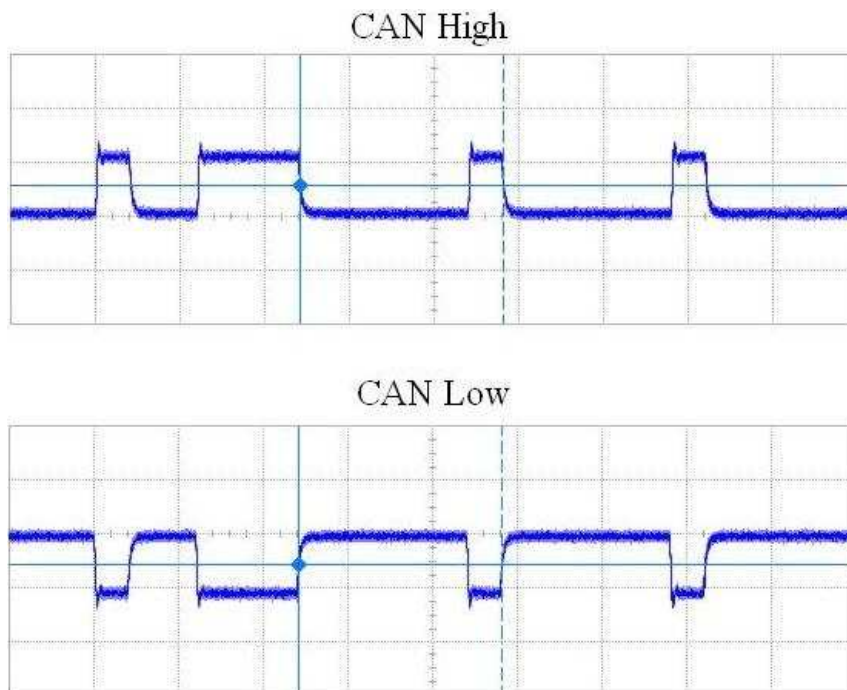
DTC (VAG)	DTC (SAE)	Opis kvara	Stanje MIL-a)
	P0217	Žaruljica za temperaturu, motor vruć	D + žaruljica temp.
	P0326	Senzor detonantnog izgaranja, stalno det. izgaranje	D
	P0500	Senzor brzine kretanja vozila, nema signala	A
00263		Mjenjač 0107, mehanički, pogreška na hidraulici	
00265		ABS izlazni ventil, prednji lijevi (N102)	
00513	P0506	Senzor brzine vrtnje koljenastog vratila, G28, brzina vrtnje u praznom hodu premalena.	B

Stanje upozoravajuće žaruljice (MIL)-a):

- A = MIL) se pali nakon prve uočene pogreške
- C = Nije vezano za emisiju ispušnih plinova, servisna indikacija
- B = MIL) se pali nakon druge pogreške
- D = Nije vezano za emisiju ispušnih plinova, ne pali se upozoravajuća žaruljica

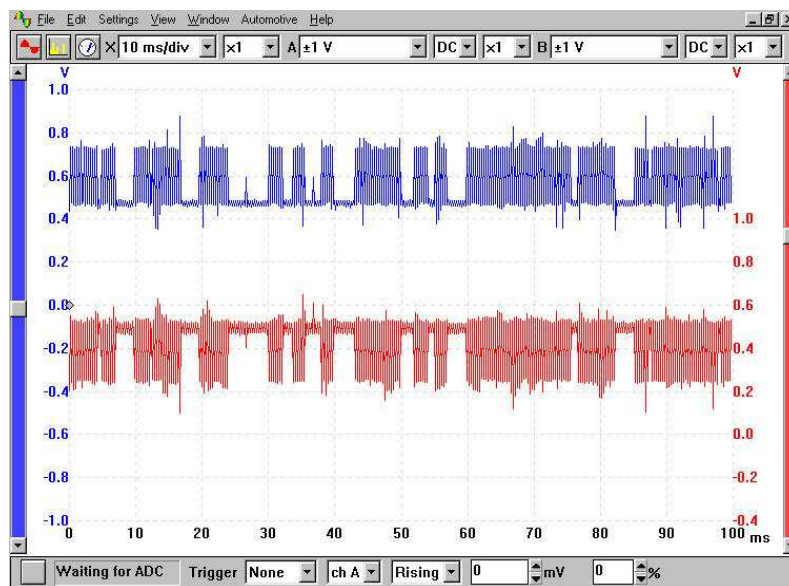
5.3. Izgled očitanih signala

Signale sa pojedinih senzora se mogu očitati pomoću osciloskopa, dijagnostičkim uređajem ili putem računala uz odgovarajući program i spojni kabel.

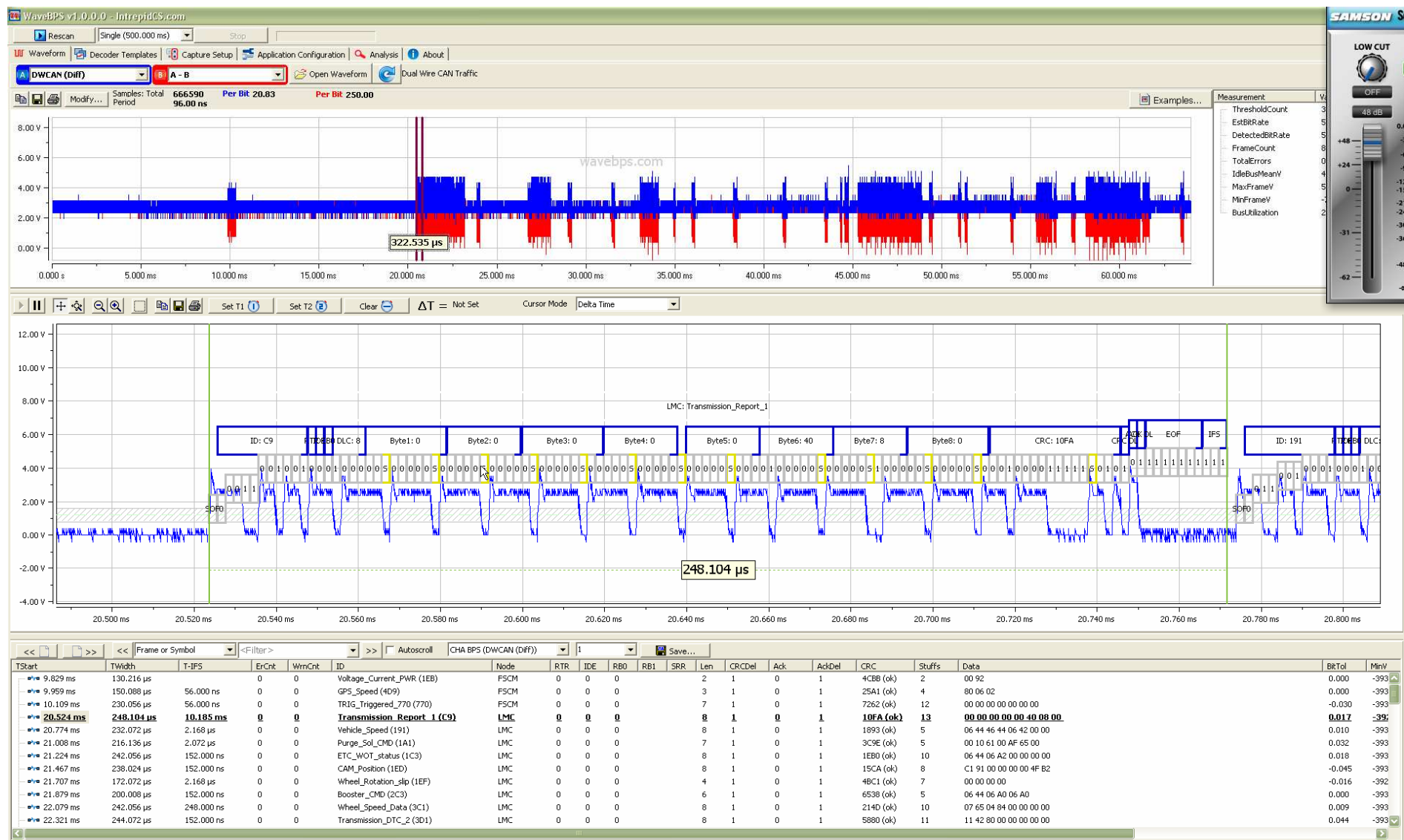


Slika 5.3. Izgled CAN High i CAN-Low signala.

Zbog toga što CAN sabirnica koristi dva voda za prijenos podataka, da bi se sinkronizirano moglo očitavati oba signala, kanal A na osciloskopu treba spojiti s CAN-H i kanal B s CAN-L CAN mreže motornog vozila. Također treba pravilno spojiti minus i plus pol baterije s osciloskopom. Nakon pravilno spojenih vodova očitavaju se signali na osciloskopu, odnosno na ekranu računala.



Slika 5.4. Očitani signali sa CAN sabirnice motornog vozila [33].



Slika 5.5. Izgled signala sa CAN sabirnice i dešifriranje poruke.

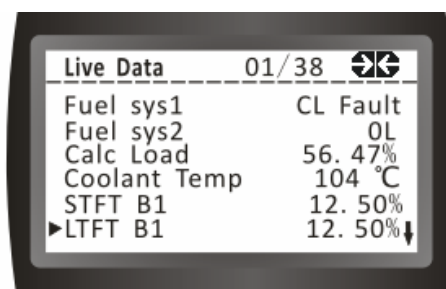
5.4. Očitavanje DTC-a

Uključivanjem funkcije očitavanja na uređaju za dijagnostiku omogućuje se pregledavanje DTC-ova sa vozila. DTC se koristi kako bi se utvrdio uzrok nastalog problema. Uzrok uključivanja kontrolne žaruljice, tzv. MIL) (engl. *Malfunction Indicator Lamp*)) su kodovi nastali pojavom pogreške na sustavu vezanom za emisiju ispušnih plinova ili pogrešaka povezanih sa voznim svojstvima vozila, poput sustava ABS-a.



Slika 5.6. Uobičajeni izgled očitane koda pogreške [5].

Funkcija *Live Data*, odnosno podatci očitani u stvarnom vremenu omogućuje pregledavanje PID podataka s računalnog modula na vozilu. Dok ECU nadzire sustave u vozilu istovremeno se rezultati tog nadzora šalju na uređaj za dijagnostiku.



Slika 5.7. Uobičajeni izgled podataka očitanih u stvarnom vremenu [5].

5.5. Područja vrijednosti podataka za OBD-II

Podatci očitani sa pojedinih senzora u vozilu omogućuju provjeru ispravnost rada pojedinog dijela ili sklopa na vozilu. Da bi se moglo odrediti da li uistinu određeni dio ispravno funkcionira potrebno je poznavati područje vrijednosti u kojima taj dio ispravno radi. Uobičajena područja vrijednosti za većinu motora s unutarnjim izgaranjem koji se ugrađuju u motorna vozila su:

- Maseni protok zraka
 - Raspon vrijednosti: od 0 do 655 g/s što je ekvivalentno 2358 kg/h [20].
 - Uz faktor pretička zraka $\lambda=1$ i maseni protok zraka od 2358 kg_Z/h može izgorjeti 160 kg_G/h. Uz specifičnu efektivnu potrošnju goriva $g_e= 0.35$ kg_G /kWh i $G_h=g_e \cdot P_e$ slijedi $P_e=458$ kW odnosno 623 KS.
 - Pomoću podataka dobivenih sa senzora masenog protoka zraka u računalu vozila se izračunava potrebna količina ubrizganog goriva. Kako se povećava količina masenog protoka zraka tako se mora povećavati i dobava goriva da smjesa goriva i zraka bude i dalje u zadanim granicama vrijednosti.
- Izračunata vrijednost opterećenja motora
 - Raspon vrijednosti: od 0 do 100 %
 - Pokazatelj trenutne protočnosti zraka se podijeli sa vršnom vrijednosti protoka, gdje se vršna vrijednost protoka korigira za razne nadmorske visine ukoliko je to moguće. Ova vrijednost nije karakteristika motora. Ona daje naznaku koliki se postotak kapaciteta motora trenutno koristi (puno opterećenje iznosi 100 %).
- Temperatura rashladne tekućine motora
 - Raspon vrijednosti: od - 40 °C do 215 °C
 - Temperatura rashladne tekućine vozila se koristi za određivanje kada će doći do prijelaza u zatvorenu petlju (engl. *Closed Loop*) i za izračunavanje vrijednosti napona na svjećici tijekom hladnog starta motora. Računalo vozila pretvara napon sa senzora temperature rashladne tekućine motora u vrijednost temperature.
- Brzina vrtnje koljenastog vratila
 - Raspon vrijednosti od 0 do 16383 min⁻¹
- Tlak goriva u sistemu za dobavu goriva
 - Raspon vrijednosti: od 0 do 7.65 bar
 - Stanje sustava za gorivo, informacija koja opisuje djelovanje kontrole sustava goriva.
- Kut paljenje smjese
 - Raspon vrijednosti: od 64 ° KV prije GMT do 63.5° KV poslije GMT
 - Trenutak preskakanja iskre je definiran u odnosu na GMT (između takta kompresije i ekspanzije) a izražava se u stupnjevima zakreta koljenastog vratila.
- Temperatura svježeg usisnog zraka
 - Raspon vrijednosti: od - 40 °C do 215 °C
 - Temperatura zraka usisanog kroz filter zraka te odvedenog prema cilindrima.

- Tlak u usisnoj grani
 - Raspon vrijednosti apsolutnog tlaka u usisnoj grani: od 0.1 do 1.05 bara bez prednabijanja, odnosno ekvivalent napona od 0 do 5 Volti
- Lambda senzor
 - Određuje sadržaj kisika (O₂) u ispušnim plinovima. Očitavanja sa senzora se koriste za izračunavanje potrebne smjese goriva i zraka radi postizanja određeni radnih uvjeta vozila.
- Brzina kretanja vozila
 - Očitavanja sa senzora se preračunavaju u brzinu kretanja vozila izraženu u kilometrima na sat (km/h).

Načini rada motora u:

- Otvorenoj petlji (engl. *Open Loop*), vrijeme rada bez regulacije (bez povratne veze u krugu regulacije)
 - Radni uvjeti tijekom postizanja radne temperature motora u kojima se bogatstvo goriva smjesa ne ispravlja radi korigiranja bogate ili siromašne smjese.
 - Vozilo u otvorenoj petlji zbog uvjeta vožnje (obogaćenje smjese, usporenje)
 - *Open Loop* - OL pogreška, vozilo u otvorenoj petlji zbog otkrivene pogreške u sustavu
- Zatvorenoj petlji (engl. *Closed Loop*)
 - Radni uvjeti u kojima se bogatstvo smjese kontinuirano regulira s ciljem postizanja stehiometrijske smjese.
 - *Closed Loop* - CL O₂ pogreška. Stanje u kojem je vozilo odnosno motor s aktivnim sustavom regulacije, ali s pogreškom na barem jednoj lambda sondi te se može koristiti jedan lambda senzor za jednostavnu kontrolu bogatstva smjese

Izvor [5]

5.6. OBD-II terminologija

Kratice i fraze koje su se koristile prije uvođenja CAN sustava u vozilu su radi jednoznačnosti normirane tako da je npr. umjesto prijašnjih „*Check engine*“, „*Maintenance required*“, „*Service engine soon*“, „*Power loss*“ uvedena jednoznačna kratica MIL) (engl. *Malfuntion Indicator Lamp*). Tablica 8.6. opisuje te promjene.

Tablica 5.6. Normirane OBD-II kratice prije uvođenja CAN sustava u vozilo i fraze te kratice koje su se koristile prije toga. [8]

	OBD-II	Nekadašnji izrazi
Kontrola motora	PCM (engl. <i>Powertrain Control Module</i>)	ECA, ECM, ECU, SMEC
	MIL) (engl. <i>Malfuntion Indicator Lamp</i>)	<i>Check engine, Maintenance required, Service engine soon, Power loss</i>
	VCM (engl. <i>Vehicle Control Module</i>)	ECA, ECM, ECU, SMEC, PCM
Senzori	IAT (engl. <i>Inlet Air Temperature</i>)	ACT, ATS, MAT
	ECT (engl. <i>Engine Coolant Temperature</i>)	ECT, CTS, THA
	TP (engl. <i>Throttle Position</i>)	TPS
	BARO (engl. <i>Barometric Pressure</i>)	ALTITUDE, APS
	MAP (engl. <i>Manifold Absolute Pressure</i>)	MAP
	MDP (engl. <i>Manifold Differential Pressure</i>)	VACUUM SENSOR
	MAF (engl. <i>Manifold Air Flow</i>)	AFC, VAF, AIRFLOW
	KS (engl. <i>Knock Sensor</i>)	KNOCK SENSOR
	O2S (engl. <i>Oxygen Sensor</i>)	O2, EGO, LAMBDA SENSOR
	HO2S (engl. <i>Heated Oxygen Sensor</i>)	HEATED O2, HEGO
	CKP (engl. <i>Crankshaft Position</i>)	CRANKSHAFT SENSOR
	CMP (engl. <i>Camshaft Position</i>)	CAM, CID
Aktuatori	IAC (engl. <i>Idle Air Control</i>)	AIR BYPASS SOLENOID, IAC
	ISC (engl. <i>Idle Speed Control</i>)	IDLE SPEED AIR VALVE, IDLE SPEED MOTOR, ISC
	ICM (engl. <i>Ignition Control Module</i>)	TFI IV, HEI, IGNITER
	MC (engl. <i>Mixture Control</i>)	M/C SOLENOID, FBC
	TCC (engl. <i>Torque Converter Clutch</i>)	TCC, Lock-Up Switch, Lock-up Solinoid

6. Univerzalni dijagnostički uređaji

Na tržištu trenutno postoje univerzalni uređaji koji omogućavaju očitavanje zabilježenih pogrešaka iz EOBD sustava odnosno iz memorije računala vozila. Svi ti uređaji mogu se koristiti na bilo kojem vozilu opremljenom EOBD sustavom. Osim očitavanja pogreški dijagnostički uređaj može funkcionirati i kao poseban modul odnosno može se koristiti kao dio bilo kojeg drugog normiranog uređaja za serijsku komunikaciju s računalom radi prikupljanja i analize pojedinih parametara sa vozila.



Slika 6.1. Dijagnostički uređaj BOSCH KTS 100 (lijevo); dijagnostički uređaj ATAL AT 511 (desno). Oba uređaja su univerzalna i opremljena su dijagnostičkim kabelom za priključivanje na CARB priključnicu i normiranim EOBD sustavom.

6.1. DashHawk

Uređaj DashHawk proizvodi tvrtka ACC (engl. *Autotronic Controls Corp.*) osnovana 1970. godine u SAD-u koja je kasnije preimenovana u MSD (engl. *Multiple Spark Discharge*) (<http://www.msdisignition.com>), a u trenutku pisanja ovog rada (09. - 2010.) uređaj se mogao kupiti za 299 USD.



Slika 6.2. Dash Hawk.

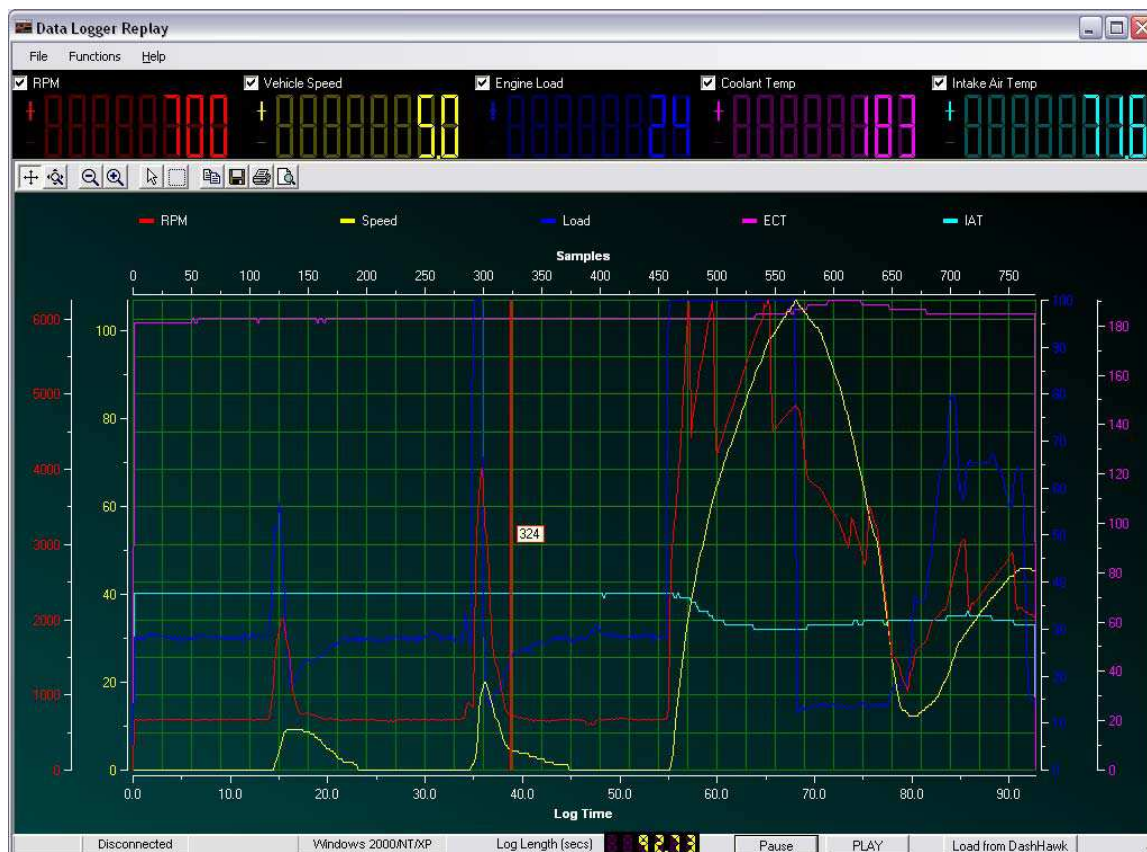
Uređaj DashHawk je moguće spojiti na osobno računalo te se putem računalnog programa mogu očitavati dodatne funkcije i prikazati na ekranu računala.

Karakteristike:

- Univerzalni OBDII uređaj.
- Spajanje na dijagnostičku priključnicu u vozilu.
- Prikaz vremena ubrzavanja vozila od 0 do 100 km/h i tijekom prelaska puta od 402 m (poznatije kao ¼ milje) te još pet drugih parametara.
- Pohranjuje najveće vrijednosti brzine kretanja vozila, brzine vrtnje koljenastog vratila i temperature rashladne tekućine motora.
- Funkcija prikupljanja podataka pohranjuje do 5 različitih parametara do 5000 uzoraka svaki (snima sve podatke u trajanju oko 5 do 6 minuta ovisno o vozilu).
- Prihvaća jedan dodatni (vanjski) senzor poput širokopojasnog lambda senzora.
- Omogućuje iščitavanje i brisanje DTC-ova.
- Bilo koji parametar može biti prikazan na zaslonu neovisno o redoslijedu.

Podržana vozila:

- Vozila opremljena CAN-om od 2003.
- Europska vozila te Japanska koja imaju ugrađen EOBD (Volvo, Audi, BMW, Mercedes, Honda, itd.).



Slika 6.3. Izgled ispisa podataka na ekranu računala korištenjem sustava za dijagnostiku proizvođača Dash Hawk [12].

6.2. Dijagnostički uređaj VAG MAXISCAN

Uređaj MaxiScan VAG405 koristi grupacija VAG (engl. *Volkswagen Audi Group*) za dijagnostiku u svojim vozilima (VW, Audi, Škoda, Seat) proizvedenim nakon 1990. godine. Uređaj je pouzdan i jednostavan za rukovanje.



Slika 6.4. Uređaj VAG405 (lijevo); izgled pojedinih izbornika uređaja (desno).

Karakteristike uređaja MaxiScan VAG405

- Kompatibilan je sa vozilima grupacije VAG (Volkswagen, Audi, Seat, Škoda Porsche) proizvedenih nakon 1990. godine.
- Očitava i briše DTC-ove nastale na motoru, ABS-u, mjenjaču, klimatizacijskom uređaju, centralnom zaključavanju, itd..
- Očitava i briše pogreške na vozilima koji koriste protokole ISO 9141-2 (CARB), ISO 14230 (KWP-2000) i ISO-15765 (CAN).
- Kompatibilan sa CAN-om.
- Ispisuje informacije o vozilu (VIN)

6.3. OBD2-400 i OBD2-500 uređaji tvrtke Baumtools

Uređaje OBD2-400 i OBD2-500 proizvodi tvrtka *Baum Tools Unlimited inc.* koja je osnovana 1959. godine sa sjedištem u SAD-u (*Los Angeles, California*).

Uređaj OBD2-500 ima u svojoj bazi podataka veći broj vozila te na osnovu toga i lakši pristup pojedinim informacijama bitnim za dijagnostiku te pronalaženje i otklanjanje kvara na samom vozilu. Posjeduje također veći broj funkcija od uređaja OBD2-400 poput ispisa podataka očitanih sa lambda senzora, ispis parametarskih podataka o radu motora u stvarnom vremenu itd..



Slika 6.5. OBD2-400 tvrtke Baumtools.

Kompatibilan sa protokolima SAE1850 (VPW & PWM), ISO 9141, ISO 14230, ISO 15765 (CAN).

- Očitava pogreške P0, P2, P3, U0 i posebne pogreške koje je definirao proizvođač, P1, P3 i U1.
- Ispisuje i briše kodove pogrešaka (DTC-ove) zbog kojih se upalila MIL) žaruljica.
- Ispisuje informacije o trenutku nastanka pogreške preko OBD2.
- Ispisuje i prikazuje pogreške u nastajanju (engl. *Pending Codes*).
- Ispisuje informacije o vozilu (VIN).
- Ispisuje ukupni broj nastalih pogrešaka.



Slika 6.6. OBD2-500 tvrtke Baumtools.

Uređaj OBD2-500 je kompatibilan sa protokolima SAE1850 (VPW & PWM), ISO 9141, ISO 14230, ISO-15765 (CAN).

Karakteristike uređaja:

- Podupire dijagnostiku većeg broja vozila sa CAN sustavom.
- Ispisuje DTC kodove pogrešaka P0, P2, P3, U0 te proizvođačeve specifične kodove P1, P3 i U1.
- Ispisuje informacije o vozilu (VIN).
- Isključuje MIL) žaruljicu.
- Ispisuje pogreške zbog kojih se upalila MIL) žaruljica.
- Ispisuje ukupni broj nastalih pogrešaka.
- Ispisuje pogreške u nastajanju (engl. *Pending Codes*).
- Ispisuje informacije o trenutku nastanka pogreške.
- Ispisuje podatke sa lambda senzora.

6.4. AutoStar AS-700

Uređaj za dijagnosticiranje AutoStar AS-700 proizvela je tvrtka *ShenZhen HuaWenYi Technology Co.,Ltd.* koja pripada grupaciji *Hongfeng International Groups (HK) Limited* (<http://www.cnreliable.us/code-scanners/code-scanners-00314A.html>).



Slika 6.7. Uređaj za dijagnosticiranje AutoStar AS-700 (lijevo); Dijagnostički kabel (desno).

Karakteristike:

- Podupire sustave sa CAN sabirnicom te SAE J-1850 VPW, SAE J-1850 PWM, ISO-9141 i KWP 2000 protokolima.
- Ispisuje DTC-ove te omogućava njihovo brisanje.
- Pregled *Freeze Frame* podataka.
- Pregled stanja MIL)-a.
- Prikaz informacija o vozilu (VIN).
- Pregled zadnjeg testiranja vozila.

6.5. VAG KKL CAN komplet

Normom ISO 9141-2 „Road Vehicles - Diagnostic Systems - CARB Requirements for the Interchange of Digital Information”; određen je između ostalog i način rada KL sučelja. Naziv KL sučelja dolazi iz oznaka dvaju vodova preko kojih se obavlja komunikacija. Glavni dijagnostički vod je tzv. K vod koja se kod 16 pinskog konektora obično nalazi na pinu 7. Osim K voda postoji još i tzv. L vod koja služi za inicijalizaciju veze, ali ona nije obavezna i obično se koristi samo na starijim modelima vozila.

Kod vozila sa više K vodova (KKL) komunikacijski vodovi sa raznih kontrolera razdvojeni su na posebne pinove. Tako npr. ako se priključi KL sučelje direktno na vozilo može dijagnosticirati samo rad motora, kontrolne table, svjetla, tj. one kontrolere koji idu preko pina 7. Za kontrolu npr. zračnih jastuka potrebno je prespojiti K vod sa pina 7 na pin 12.

VAG KKL CAN je komplet koji se sastoji od mikrokontrolera (u stvari je to adapter odnosno pretvarač signala), spojnog kabela i softvera. Ovaj komplet je kompatibilan sa VCDS 908 (VAG-COM) softverom. Namijenjen je vozilima VAG

grupacije (VW, Audi, Škoda i Seat,) proizvedenih od 1989. godine do danas ali omogućava i osnovnu dijagnostiku za sva ostala vozila proizvedena poslije 2003. godine.



Slika 6.8. VAG KKL CAN komplet.

VAG KKL CAN sučelje spaja se preko USB priključka na računalu. Potpuno je kompatibilan s najsuvremenijim programom za VAG vozila, nekada poznatim kao VAG-COM, a odnedavno preimenovanim u VCDS (engl. *Vag Com Diagnostic System*).

Moguća je kompletna dijagnostika svih kontrolera, poništavanje servisnih intervala, adaptacije, reprogramiranja, mjerni blokovi, testiranje komponenti, kodiranje ključeva i sl.



Slika 6.9. VAG KKL CAN komplet priključen na vozilo marke Audi.

Osim potpune podrške na VAG vozilima VCDS program ima i tzv. OBDII mod. U OBDII modu na ovaj sistem je moguće spojiti i vozila drugih proizvođača, sva europska i azijska vozila proizvedena od 2003. uključujući i najnovije modele sa CAN-om.

6.6. OBDLink OBD2 dijagnostički uređaj

OBDLink je dijagnostički uređaj koji proizvodi tvrtka *CarPlugs* sa sjedištem u Burlingtonu, SAD.

Uređaj radi pomoću osobnog računala, odnosno koristi stolno ili prijenosno računalo za dijagnostiku na vozilu. Dijagnostički softver, kao što su ScanXL i ScanMaster, nudi mnoštvo dodatnih mogućnosti poput pristupa određenim sustavima u vozilu, poput sustava ABS-a, te mnoštvu drugih proizvođačevih specifičnih parametara.

Cijena uređaja na tržištu u vrijeme pisanja rada (09-2010) iznosila je 165 USD.



Slika 6.10. Dijagnostički uređaj OBDLink OBD2.

Glavne karakteristike OBDLink-a:

- USB sučelje
- Bluetooth opcija

Podupire sljedeće OBD protokole:

- ISO 15765-4 (CAN)
- ISO 14230-4 (Keyword Protocol 2000)
- ISO 9141-2 (CARB)
- SAE J1850 VPW (vozila marke GM)
- SAE J1850 PWM (vozila marke Ford)

6.7. Bosch KTS 115 OBD modul

Dijagnostički uređaj Bosch KTS 115 proizvodi, kao što i samo ime navodi, tvrtka Robert Bosch d.o.o. s predstavništvom i u Hrvatskoj (ulica Kneza Branimira 22, 10040 Zagreb, Odjel Auto Oprema). Cijena uređaja iznosi 950 Eura (u vrijeme pisanja rada (09-2010)).



Slika 6.11. Bosch KTS 115 OBD modul.

Dijagnostički protokoli:

- ISO 9141-2 (CARB)
- ISO 14 230-4 (KWP 2000)
- SAE J 1850 VPW
- SAE J 1850 PWM (odgovara ISO 11 519-4)
- CAN odgovara ISO 15 765-4

Opseg isporuke:

- Modul
- OBD-dijagnostički vod za spoj putem serijskog porta ili USB-a
- Spojni vod za PC-modul (serijski i USB)
- Softver AU-OBD s KTS 115-PC programom
- Mrežni dio

Poseban pribor:

- Duži PC-priključni vodovi, serijski 3 m (1 684 465 371)
- Duži PC-priključni vodovi, USB 2 m (1 684 465 507)

6.8. DashDAQ II

Uređaj DASH DAQ II proizvodi tvrtka Drew Technologies koja je osnovana 1995. godine u Detroitu, SAD. Uređaj je dostupan u slobodnoj prodaji te mu je cijena u vrijeme pisanja rada (2010. godina) bila oko 550 \$ u USA, odnosno oko 520 € u Europi.



Slika 6.12. Uređaj DashDAQ II.

Karakteristike uređaja:

- Ekran u boji dijagonale 101.6 mm (4")
- Procesor uređaja 240 MHz ARM9
- Radna memorija 64 MB SDRAM koja se može proširiti do 8 GB
- Podržava vozila prema normama ISO WD 15765-4 (CAN), SAE J 1850 VPW, SAE J 1850 PWM, ISO9141, ISO FDIS 14230-4 (KWP 2000)
- Operativni sustav Linux

Uređaj DashDaq II omogućuje očitavanje raznih parametara vozila u realnom vremenu poput brzine vrtnje motora, brzine vozila, protoka zraka itd..

Uređaj se također može koristiti kao hardverska platforma za kreiranje vlastitog programskog sučelja radi prikupljanja i analize željenih podataka očitanih sa vozila.

6.9. Uređaj NI USB-8473s

Uređaj NI USB-8473s proizvodi tvrtka National Instruments koja je osnovana 1976. godine te ima svoje podružnice diljem svijeta. Cijena uređaj u vrijeme pisanja rada (2010. godina) iznosila je 599 €.



Slika 6.13. Uređaj NI USB-8473s.

Karakteristike uređaja:

- Jedan port za high-speed CAN, low-speed CAN te LIN
- Moguća hardverska sinkronizacija
- High-speed USB
- Očitavanje pogrešaka sa CAN sabirnice

CAN sučelje:

- CAN kontroler Philips SJA1000
- Razmjena podataka od 1 Mb/s pri 100 % opterećenju sabirnice
- Kompatibilan sa normom ISO 11898 (11 bitova i 29 bitova)

Operativni sustav:

- Windows Vista/XP/2000/Windows 7

Preporučeni softverski programi za korištenje uređaja:

- LabVIEW
- LabWindows/CVI
- Visual C++ 6.0
- Visual Basic 6.0
- Borland C/C++

Uređaj NI USB 8473s sadrži Hi-Speed USB sučelje za nadziranje, testiranje i spremanje podataka sa CAN-a i LIN-a (engl. *Local Interconnect Network*).

Korištenje uređaja je pogodno za razne aplikacije poput:

- Nadziranje i prikupljanje podataka sa vozila
- Nadziranje protoka podataka na sabirnici
- Sinkronizirano prikupljanje podataka te provjera ispravnosti podataka
- Razvoj i testiranje CAN uređaja

Uređaj NI USB 8473s koristi standardni muški 9 pinski D-Sub (DB9) konektor za spajanje sa CAN ili LIN sabirnicom.

Tvrtka National Instruments je razvila NI-CAN drivere za operativne sustave Windows Vista/XP/2000/7 te se uz pomoć softverskih rješenja poput LabView-a omogućuje prikupljanje te analiza prikupljenih podataka sa CAN sabirnice.



Slika 6.14. Fotografija prikazuje uređaj NI USB 8473s spojen sa računalom te izgled obrađenih podataka prikupljenih sa CAN sabirnice.

7. Praktični dio rada

7.1. Uvod

U trenutku izrade ovog diplomskog rada na raspolaganju je bio uređaj NI USB-8473s kojeg je posudila tvrtka National Instruments Slovenija sa sjedištem u Celju, Slovenija, za potrebe prikupljanja i analize podataka sa CAN sabirnice motornog vozila.

U tom trenutku nije bio na raspolaganju priključni kabel za spajanje vozila s uređajem te je naknadno izrađen a postupak njegove izrade je opisan u sljedećem poglavlju.

U programskom paketu LabView 2010 izrađen je program pomoću kojeg su napravljena mjerenja potrebna za daljnju analizu podataka koja je napravljena u programu NI DIADEM.

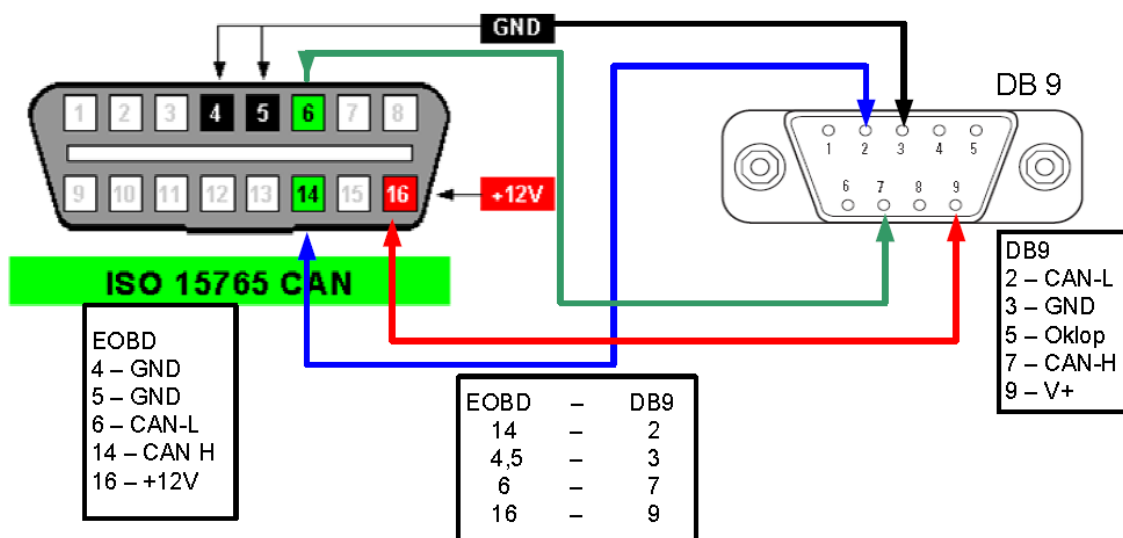


Slika 7.1. Uobičajeni komplet za analizu i prikupljanje podataka sa CAN sabirnice motornog vozila.

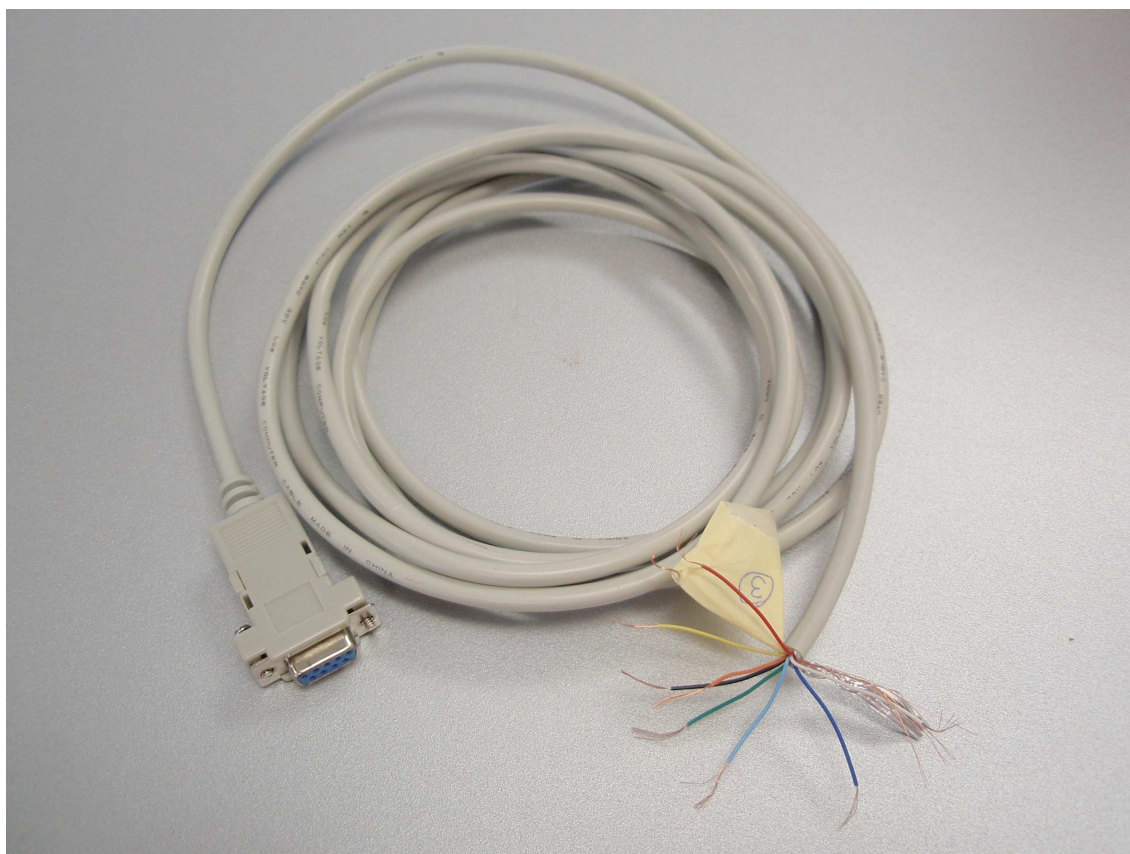
Također je isproban rad s dijagnostičkim uređajem VAG COM koji se koristi za vozila grupacije VAG te su rezultati prikazani u prilogu A.

7.2. Izrada spojnog kabela

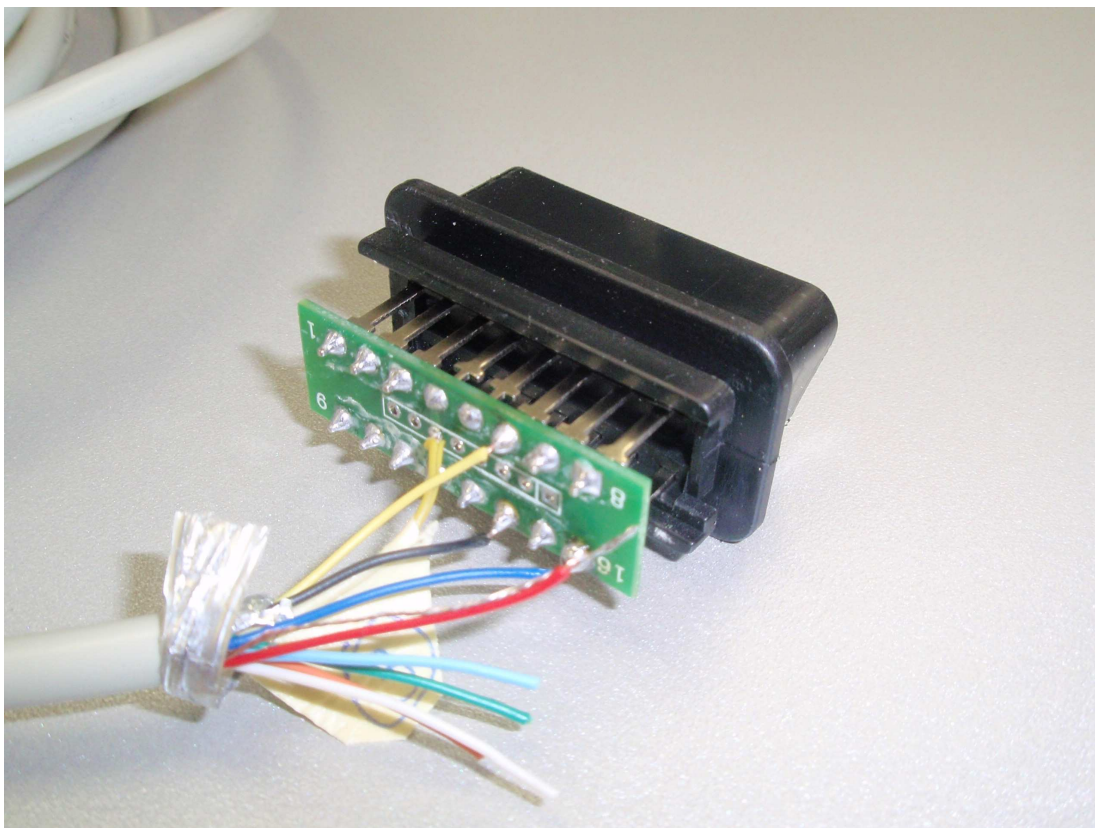
Kabel za spajanje vozila i uređaja NI USB-8473s izrađen je prema shemi prikazanoj na donjoj slici 7.2. Na jednom kraju je spojen konektor RS232 (DB9) dok je na drugom kraju spojen EOBD konektor. Dužina kabela iznosi 0.5 m.



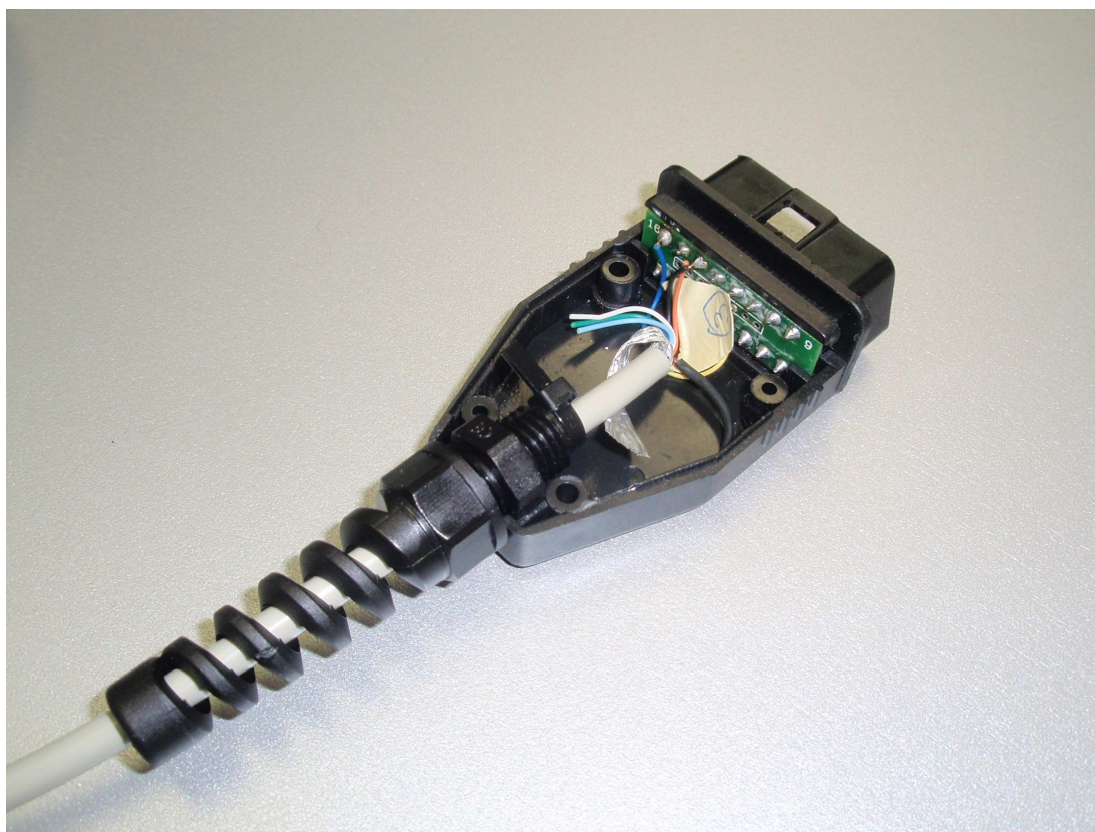
Slika 7.2. Shema spajanja EOBD konektora određenog normom SAE J1962 sa DB9 konektorom za komunikaciju putem NI USB-8473s modula.



Slika 7.3. Kabel prije spajanje EOBD konektora.



Slika 7.4. Spoj pojedinih vodiča EOBD konektora na odgovarajuće pinove.



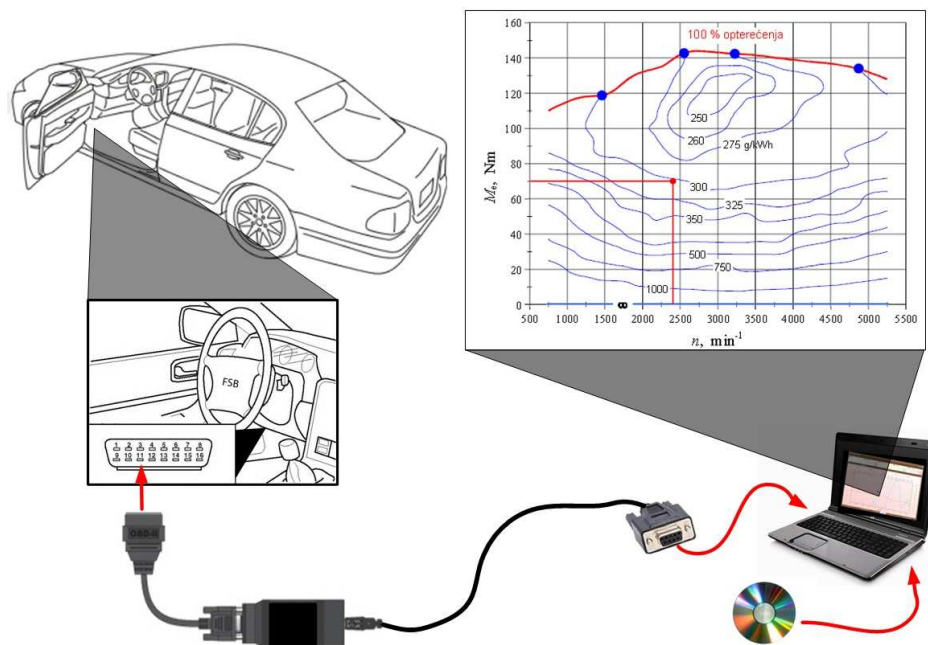
Slika 7.5. Izgled unutrašnjosti EOBD konektora prije sklapanja kućišta.



Slika 7.6. Konačni izgled spojnog kabela EOBBD – DB9 (RS232).

7.3. Spajanje sa vozilom

Glavni zadatak diplomskog rada bio je određivanje radne točke vozila na osnovu podataka prikupljenih s CAN sabirnice. Grafički prikaz zadatka dan je na slici 7.7.



Slika 7.7. Grafički prikaz određivanja radne točke vozila na osnovu prikupljenih podataka s CAN sabirnice motornog vozila.



Slika 7.8. Spoj NI USB-8473s uređaja sa vozilom i računalom.

7.4. Provjera (oblika) signala s CAN sabirnice pomoću osciloskopa

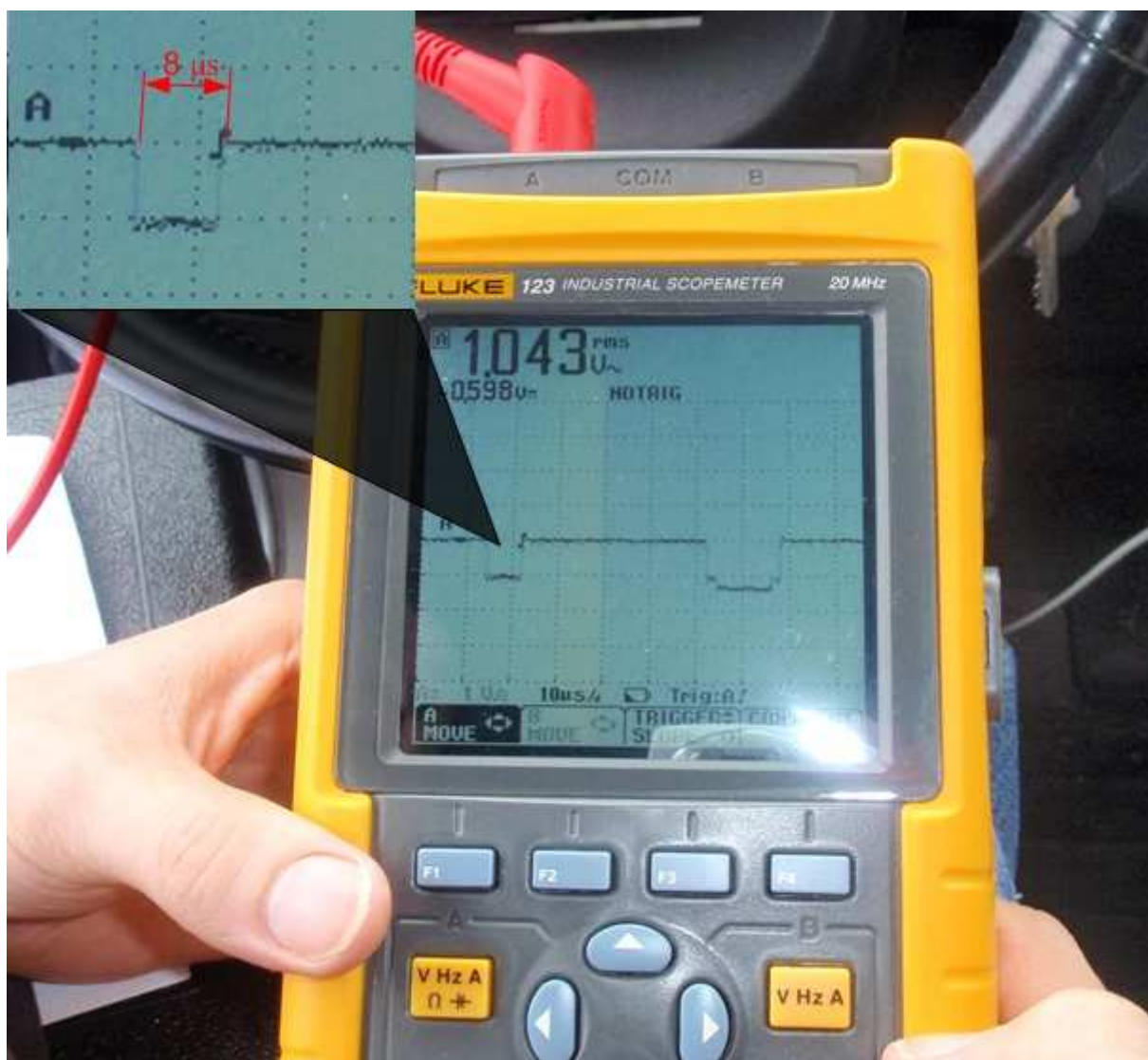
Pomoću osciloskopa određena je brzina prijenosa podataka. Ustanovljeno je da trajanje dominantnog, odnosno recesivnog stanja signala iznosi $8\text{ }\mu\text{s}$ što nakon preračunavanja iznosi 125 kBaud ¹.

$$T = 8\text{ }\mu\text{s} \quad \frac{1}{T} = \frac{1}{8} \cdot 10^6 = 125000\text{ Baud} = 125\text{ kBaud}$$



Slika 7.9. Očitavanje signala sa CAN sabirnice pomoću osciloskopa.

¹ Baud je mjerna jedinica koja označava prijenos simbola odnosno pulsova u sekundi. Nazvana je prema francuskom znanstveniku Jean-Maurice-Émile Baudot (1845. – 1903.).



Slika 7.10. Izgled očitanoog signala pomoću osciloskopa.

Skala na osciloskopu podijeljena je na segmente od $10\ \mu\text{s}$ te je mjerenjem ustanovljeno trajanje signala od $8\ \mu\text{s}$.

7.5. Izrada programskog sučelja za mjerenje karakterističnih vrijednosti

Uz pomoć programskog paketa Labview 2010 napravljen je program za mjerenje pojedinih parametara očitanih sa CAN sabirnice u vozilu. U tu svrhu korišteno je vozilo Citroën C Crosser.

Razni parametri koji su dostupni i adresirani pomoću parametarskog identifikacijskog broja, PID-a (engl. *Parameter IDentification*) određeni su normom SEA J1979. Popis PID-ova korištenih u radu te njihov opis i formula za preračunavanje u decimalnu vrijednost dana je u tablici ispod.

Tablica 7.1. Opis pojedinih PID-ova te njihove vrijednosti.

PID (heksadeci.)	Broj bajtova	Opis	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Mjerna jedinica	Formula
00	4	PIDs supported [01 - 20]				Bit encoded [A7..D0] = [PID 0x01..PID 0x20]
01	4	Monitor status since DTCs cleared. (Includes malfunction indicator lamp (MIL) status and number of DTCs.)				Bit encoded.
02	8	Freeze DTC				Bit encoded.
03	2	Fuel system status				
04	1	Izračunata vrijednost opterećenja motora	0	100	%	$A \cdot 100 / 255$
05	1	Temperatura rashladne tekućine motora	-40	215	°C	A-40
06	1	Short term fuel % trim—Bank 1	-100 (Rich)	99.22 (Lean)	%	$(A-128) \cdot 100 / 128$
07	1	Long term fuel % trim—Bank 1	-100 (Rich)	99.22 (Lean)	%	$(A-128) \cdot 100 / 128$
08	1	Short term fuel % trim—Bank 2	-100 (Rich)	99.22 (Lean)	%	$(A-128) \cdot 100 / 128$
09	1	Long term fuel % trim—Bank 2	-100 (Rich)	99.22 (Lean)	%	$(A-128) \cdot 100 / 128$
0A	1	Pritisak goriva	0	765	kPa (gauge)	$A \cdot 3$
0B	1	Apsolutni tlak u usisnoj grani	0	255	kPa	A
0C	2	Brzina vrtnje motora	0	16,383.75	rpm	$((A \cdot 256) + B) / 4$
0D	1	Brzina vozila	0	255	km/h	A
0E	1	Timing advance	-64	63.5	°relative to #1 cylinder	$A / 2 - 64$
0F	1	Temperatura usisanog zraka	-40	215	°C	A-40
10	2	Maseni protok zraka	0	655.35	g/s	$((A \cdot 256) + B) / 100$
11	1	Položaja zaklopke	0	100	%	$A \cdot 100 / 255$
12	1	Commanded secondary air status				Bit encoded.
13	1	Oxygen sensors present				[A0..A3] == Bank 1, Sensors 1-4. [A4..A7] = Bank 2..
14	2	Bank 1, Sensor 1: Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0 - 100(lean)	1,275 99,2 (rich)	Volts %	$A \cdot 0.005 (B-128) \cdot 100 / 128$ (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
15	2	Bank 1, Sensor 2: Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0 - 100(lean)	1,275 99,2 (rich)	Volts %	$A \cdot 0.005 (B-128) \cdot 100 / 128$ (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
16	2	Bank 1, Sensor 3: Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0 - 100(lean)	1,275 99,2 (rich)	Volts %	$A \cdot 0.005 (B-128) \cdot 100 / 128$ (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
17	2	Bank 1, Sensor 4: Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0 - 100(lean)	1,275 99,2 (rich)	Volts %	$A \cdot 0.005 (B-128) \cdot 100 / 128$ (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)

PID (heksadeci.)	Broj bajtova	Opis	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Mjerna jedinica	Formula
18	2	Bank 2, Sensor 1: Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0 - 100(lean)	1,275 99,2 (rich)	Volts %	$A * 0.005 (B-128) * 100/128$ (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
19	2	Bank 2, Sensor 2: Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0 - 100(lean)	1,275 99,2 (rich)	Volts %	$A * 0.005 (B-128) * 100/128$ (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
1A	2	Bank 2, Sensor 3: Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0 - 100(lean)	1,275 99,2 (rich)	Volts %	$A * 0.005 (B-128) * 100/128$ (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
1B	2	Bank 2, Sensor 4: Oxygen sensor voltage, Short term fuel trim	0 - 100(lean)	1,275 99,2 (rich)	Volts %	$A * 0.005 (B-128) * 100/128$ (if B==0xFF, sensor is not used in trim calc)
1C	1	OBD standards this vehicle conforms to				Bit encoded.
1D	1	Oxygen sensors present				Similar to PID 13, but [A0..A7] == [B1S1, B1S2, B2S1, B2S2, B3S1, B3S2, B4S1, B4S2]
1E	1	Auxiliary input status				A0 == Power Take Off (PTO) status (1 == active) [A1..A7] not used
1F	2	Vrijeme od početka pokretanja motora	0	65,535	seconds	$(A*256)+B$
20	4	PIDs supported 21-40				Bit encoded [A7..D0] = [PID 0x21..PID 0x40]
21	2	Distance traveled with malfunction indicator lamp (MIL) on	0	65,535	km	$(A*256)+B$
22	2	Fuel Rail Pressure (relative to manifold vacuum)	0	5.177.265	kPa	$((A*256)+B) * 10 / 128$
23	2	Fuel Rail Pressure (diesel)	0	655.350	kPa	$((A*256)+B) * 10$
24	4	O2S1_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Voltage	0 2	0 8	N/A V	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/8192$
24	4	O2S2_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Voltage	0 2	0 8	N/A V	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/8192$
25	4	O2S3_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Voltage	0 2	0 8	N/A V	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/8192$
26	4	O2S4_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Voltage	0 2	0 8	N/A V	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/8192$
27	4	O2S5_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Voltage	0 2	0 8	N/A V	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/8192$
28	4	O2S6_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Voltage	0 2	0 8	N/A V	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/8192$
29	4	O2S7_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Voltage	0 2	0 8	N/A V	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/8192$
2A	4	O2S8_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Voltage	0 2	0 8	N/A V	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/8192$
2B	4	O2S9_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Voltage	0 2	0 8	N/A V	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/8192$
2C	1	Commanded EGR	0	100	%	$100*A/255$
2D	1	EGR Error	-100	99	%	$(A-128) * 100/128$
2E	1	Commanded evaporative purge	0	100	%	$100*A/255$
2F	1	Fuel Level Input	0	100	%	$100*A/255$
30	1	# of warm-ups since codes cleared	0	255	N/A V	A
31	2	Distance traveled since codes cleared	0	65,535	km	$(A*256)+B$
32	2	Evap. System Vapor Pressure	- 8,192	8,192	Pa	$((A*256)+B)/4$ (A is signed)
33	1	Barometric pressure	0	255	kPa	A

PID (heksadeci.)	Broj bajtova	Opis	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Mjerna jedinica	Formula
34	4	O2S1_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Current	0 - 128	2 128	N/A mA	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/256 - 128$
35	4	O2S2_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Current	0 - 128	2 128	N/A mA	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/256 - 128$
36	4	O2S3_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Current	0 - 128	2 128	N/A mA	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/256 - 128$
37	4	O2S4_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Current	0 - 128	2 128	N/A mA	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/256 - 128$
38	4	O2S5_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Current	0 - 128	2 128	N/A mA	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/256 - 128$
39	4	O2S6_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Current	0 - 128	2 128	N/A mA	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/256 - 128$
3A	4	O2S7_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Current	0 - 128	2 128	N/A mA	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/256 - 128$
3B	4	O2S8_WR_lambda(1): Equivalence Ratio Current	0 - 128	2 128	N/A mA	$((A*256)+B)/32768$ $((C*256)+D)/256 - 128$
3C	2	Catalyst Temperature Bank 1, Sensor 1	-40	6,513,5	°C	$((A*256)+B)/10 - 40$
3D	2	Catalyst Temperature Bank 2, Sensor 1	-40	6,513,5	°C	$((A*256)+B)/10 - 40$
3E	2	Catalyst Temperature Bank 1, Sensor 2	-40	6,513,5	°C	$((A*256)+B)/10 - 40$
3F	2	Catalyst Temperature Bank 2, Sensor 2	-40	6,513,5	°C	$((A*256)+B)/10 - 40$
40	4	PIDs supported 41-60				Bit encoded [A7..D0] == [PID 0x41..PID 0x60]
41	4	Monitor status this drive cycle				Bit encoded.
42	2	Control module voltage	0	65,535	V	$((A*256)+B)/1000$
43	2	Absolute load value	0	25,7	%	$((A*256)+B)*100/255$
44	2	Command equivalence ratio	0	2	N/A	$((A*256)+B)/32768$
45	1	Relative throttle position	0	100	%	$A*100/255$
46	1	Ambient air temperature	-40	215	°C	A-40
47	1	Absolute throttle position B	0	100	%	$A*100/255$
48	1	Absolute throttle position C	0	100	%	$A*100/255$
49	1	Accelerator pedal position D	0	100	%	$A*100/255$
4A	1	Accelerator pedal position E	0	100	%	$A*100/255$
4B	1	Accelerator pedal position F	0	100	%	$A*100/255$
4C	1	Commanded throttle actuator	0	100	%	$A*100/255$
4D	2	Time run with MIL on	0	65,535	min	$(A*256)+B$
4E	2	Time since trouble codes cleared	0	65,535	min	$(A*256)+B$
51	1	Fuel Type				From fuel type table
00	4	mode 9 supported PIDs 01 to 20				Bit encoded
02	5x5	VIN oznaka				

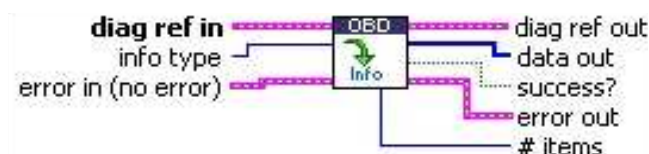
Postupak izrade programskog sučelja u LabView-u:

- Potrebno je inicirati razmjenu podataka s CAN sabirnicom pomoću funkcije *Open Diagnostic.vi* (vi engl. *virtual instrument*). Tu je potrebno uvrstiti odgovarajuće početne postavke poput *CAN interface*, *Baudrate*, *Transport protokol*, *Transmit ID*, *Receive ID*, *Error in*, *Diag ref out* i *Error out*.

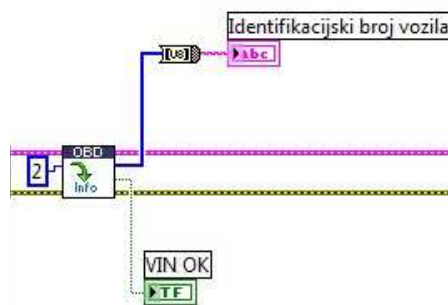


Slika 7.11. Open Diagnostic.vi

- **CAN interface** određuje CAN sučelje preko kojeg se odvija razmjena podataka. Imena CAN interfacea su povezana sa vrijednostima CAN porta određenog u MAX-u (engl. *Measurement and Automation Explorer*) te će kreću od CAN0 sve do CAN63.
 - **Baudrate** određuje brzinu prijenosa podataka.
 - **Transport protokol** određuje protokol prijenosa dijagnostičkih poruka putem CAN mreže. U ovom radu je korišten **ISO TP - Normal Mode** koji je određen normom ISO 15765-2. Svih 8 bajtova CAN poruke se koriste za prijenos podataka.
 - **Transmit ID** je CAN identifikator slanja dijagnostičkog zahtjeva za porukama.
 - **Receive ID** je CAN identifikator slanja dijagnostičkih odgovora.
 - **Error in** je klaster koji opisuje uvijete pri kojima je pogreška nastupila u vi-u nastupila.
 - **Diag ref out** je klaster koji sadrži sve neophodne dijagnostičke informacije.
 - **Error out** opisuje nastalu pogrešku u vi-u.
- Nakon upisivanja početnih postavki pomoću *OBD Request Vehicle Information.vi* očitana je VIN oznaka vozila.



Slika 7.12. Prikaz OBD Request Vehicle Information.vi.



Slika 7.13. Očitavanje VIN oznake.

VF7 V U SFZ F 9 Z 951494
 1 2 3 4 5 6 7 8

Slika 7.14. Objašnjenje VIN oznake.

Tablica 7.2. Objašnjenje pojedinog mjesta u VIN oznaci.

1	2	3	4	5	6	7	8
VF7	Obitelj	Karoserija	Motor	Prijenos snage	Godište	Tvornica	Serijski broj
Citroen V: C-Crosser		U: Break 5 vrata/4x4/5sjedala V: Break 5 vrata/4x4/7sjedala	SFZ: 2.4L benzin (4B12) 4HN: 2.2 Hdi	H: Ručni sa 6 stupnjeva prijenosa, F: Mjenjač CVT	2008.	U: Mizushima (Japan)	

➤ Za daljnji razvoj programa potrebno je poznavati sljedeće vrijednosti:

a) Konstantne vrijednosti

○ Vrijednosti za standardno stanje okoliša:

$$\text{Tlak} - p_{\text{stand}} = 1.013 \text{ bar}$$

$$\text{Temperatura} - T_{\text{stand}} = 293 \text{ K}$$

○ Plinska konstanta za zrak – $R_Z = 287.041 \text{ J/kgK}$

○ Stehiometrijska količina zraka potrebna za izgaranje 1 kg goriva – $Z_0 = 14.7 \text{ kg/kg}$

○ Gustoća goriva – $\rho_G = 760 \text{ kg/m}^3$

○ Donja ogrjevna vrijednost goriva

$$H_d = 41 \text{ MJ/kg (benzin 98)}$$

$$H_d = 43 \text{ MJ/kg (diesel)}$$

○ Gustoća zraka kod stanja okolne (standardne) atmosfere – $\rho_{Z0} = 1.1844 \text{ kg/m}^3$

b) Karakteristike vozila

• Dimenzije kotača – **235/80 R16**

○ Radijus naplatka – $R = 16''/2 = 0.2032 \text{ m}$

○ Širina – $B = 235 \text{ mm}$

○ Visina – $H = 60 \%$

○ Visina profila neopterećene gume

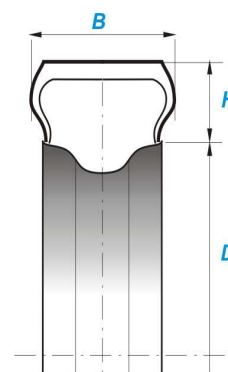
$$H_G = B \cdot H$$

○ Radijus neopterećenog kotača

$$r = R + H_G$$

○ Dinamički radijus kotača

$$r_d = 0.97 \cdot r$$



Slika 7.15. Dimenzije kotača.

• Stupnjevi prijenosa

○ Prijenosni odnos u osovinskom reduktoru – $i_0 = 3.45$

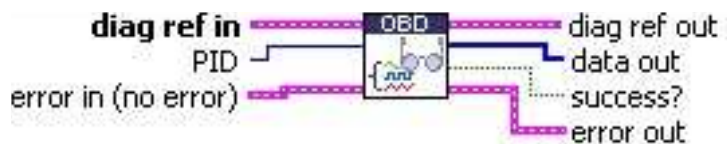
○ Prijenosni omjer pojedinog stupnja prijenosa

$$i_1 = 3.818, i_2 = 2.045, i_3 = 1.29, i_4 = 0.926, i_5 = 0.853, i_6 = 0.711$$

c) Karakteristike motora

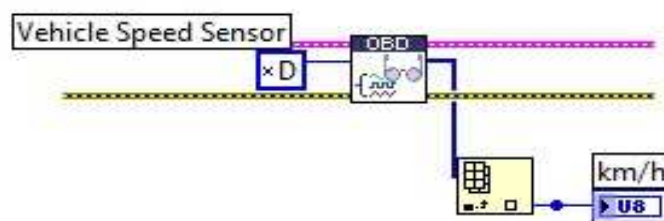
- Broj cilindara – $z = 4$
- Broj taktova – $T = 4$
- Ukupni radni volumen – $V_H = 2359 \text{ cm}^3$

- Podatci pohranjeni u memoriju računala se očitavaju pomoću *OBD Request Current Powertrain Diagnostic Data.vi*



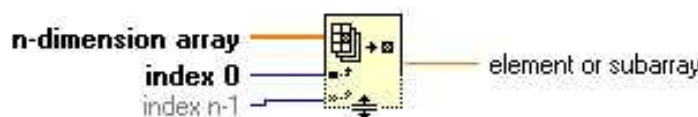
Slika 7.16. Prikaz *OBD Request Current Powertrain Diagnostic Data.vi*.

- **PID** je parametarski identifikator podataka koji se žele očitati. Normom SAE J1979 su definirane vrijednosti PID-a.



Slika 7.17. Očitavanje brzine vozila (km/h).

- PID koji omogućuje očitavanje brzine vozila u heksadecimalnom obliku iznosi D odnosno u decimalnom obliku iznosi 13.

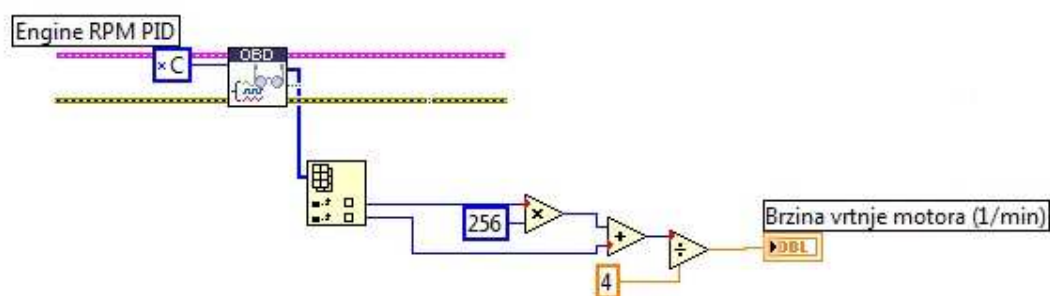


Slika 7.18. Funkcija indeksiranja matrice (engl. *Index Array Function*).

- Funkcija indeksiranja matrice omogućuje preoblikovanje elemenata podmatrice iz n-dimenzionalne matrice u indeks.
 - **n-dimension array** može biti n-dimenzionalna matrica bilo kojeg tipa
 - **index 0..n-1** je isključivo numeričke vrijednosti
 - **element or subarray** su istog tipa kao i elementi od **n-dimension array**.

- Očitavanje brzine vrtnje motora.

- Brzina vrtnje motora – $n_m = n_k \cdot i_N \cdot i_O$ gdje n_k označava brzinu vrtnje kotača a i_N označava prijenosni odnos pojedinog stupnja prijenosa.



Slika 7.19. Brzina vrtnje motora (1/min).

- PID koji omogućuje očitavanje brzine vozila u heksadecimalnom obliku iznosi C odnosno u decimalnom obliku iznosi 12.

- Ukoliko nije moguće direktno očitati brzinu vozila sa CAN sabirnice u vozilu tada se ona može izračunati uz pomoć formule $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_d \cdot n_m}{i_N \cdot i_O}$

gdje je r_d dinamički radijus kotača, n_m brzina vrtnje motora koja se očitava, i_N prijenosni odnos pojedinog stupnja prijenosa te i_O prijenosni odnos u osovinskom reduktoru. U tablici ispod dan je prikaz brzine vozila u pojedinim stupnjevima prijenosa u ovisnosti o brzini vrtnje motora.

Tablica 7.3. Brzina vozila u pojedinim stupnjevima prijenosa u ovisnosti o brzini vrtnje motora.

	Brzina kretanja vozila [km/h]					
Broj okretaja motora n_m [1/min]	i_1 3,818	i_2 2,045	i_3 1,290	i_4 0,926	i_5 0,853	i_6 0,711
1000	9,6	17,8	28,3	39,4	42,7	51,3
1500	14,3	26,7	42,4	59,1	64,1	76,9
2000	19,1	35,7	56,5	78,8	85,5	102,6
2500	23,9	44,6	70,7	98,4	106,9	128,2
3000	28,7	53,5	84,8	118,1	128,2	153,9
3500	33,4	62,4	98,9	137,8	149,6	179,5
4000	38,2	71,3	113,1	157,5	171,0	205,1
4500	43,0	80,2	127,2	177,2	192,4	230,8
5000	47,8	89,2	141,3	196,9	213,7	
5500	52,5	98,1	155,5	216,6		
6000	57,3	107,0	169,6			

➤ Potrošnja goriva i zraka se dobije pomoću sljedećih izraza:

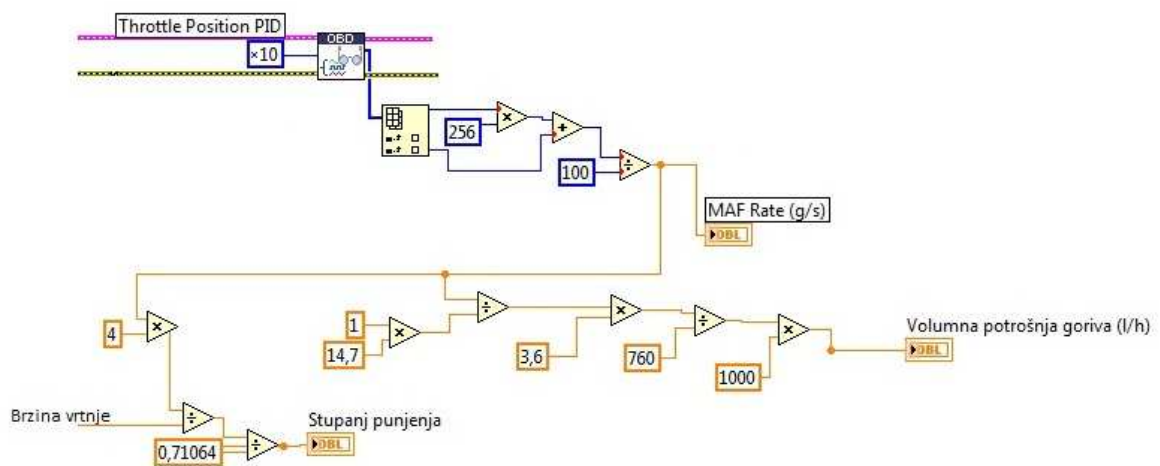
- Potrošnja goriva na sat određuje se iz izraza $G_h = \frac{Z_h}{\lambda \cdot Z_0}$, gdje je Z_h satna potrošnja zraka izražena u kgz/h koju očitavamo sa CAN sabirnice, λ faktor pretička zraka, te Z_0 stehiometrijska količina zraka potrebna za izgaranje 1 kg goriva.

- Volumna potrošnja goriva određena je izrazom $V_{Gh} = \frac{G_h}{\rho_G}$, gdje je G_h satna potrošnja goriva, ρ_G gustoća goriva izražena u kg/m^3 .
- Masa zraka koja bi stala u radni volumen cilindra kod stanja standardne atmosfere za vozilo Citroën C Crosser izračunata je pomoću sljedećeg izraza:

$$Z_{stand} := \frac{p_{stand} \cdot \frac{V_H}{z}}{R_Z \cdot T_{stand}} = 0.71064 \cdot \frac{\text{g}}{\text{proc}}$$

- Potrošnja zraka po procesu se određuje prema $Z_{proc} = \frac{Z_h \cdot T}{2 \cdot n_m \cdot z}$, T broj taktova motora, z broj cilindara.

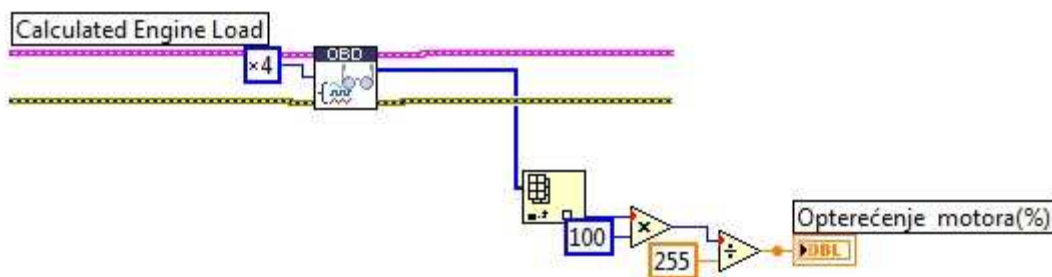
- Stupanj punjenja cilindra je izražen formulom $\lambda_{pu} = \frac{Z_{proc}}{Z_{stand}}$, gdje su vrijednosti u brojniku i nazivniku određene prijašnjim izrazima.



Slika 7.20. Očitavanje masenog protoka zraka te izračunavanje volumne potrošnje goriva i stupanj punjenja pomoću gore navedenih izraza.

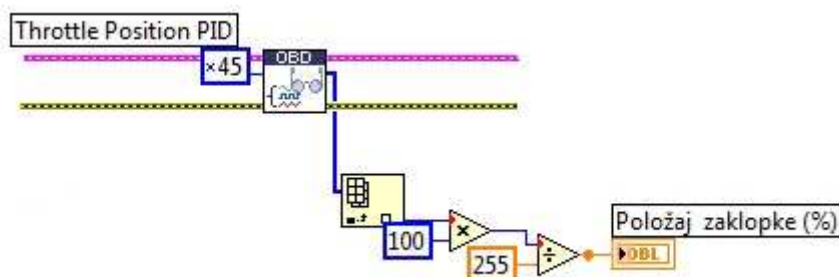
- Specifična efektivna potrošnja goriva određena je izrazom $g_e = \frac{G_h}{P_e}$, gdje P_e označava efektivnu snagu motora izraženu u kW.
- Efektivni stupanj djelovanja određen je izrazom $\eta_e = \frac{1}{g_e \cdot H_d}$, gdje H_d označava donju ogrjevnu vrijednost goriva izraženu u MJ/kg
- Određivanje potrošnja goriva po 1 kilometru se dobije ako se trenutna volumna potrošnja goriva podijeli sa brzinom vozila odnosno $G_{1km} = \frac{V_{Gh}}{v}$. Ukoliko se taj izraz pomnoži sa 100 dobije se potrošnja goriva na 100 km (l/100km).

- Radijus kretanja vozila se određuje pomoću izraza $S = \frac{V_{spremnik}}{G_{1km}}$, gdje $V_{spremnik}$ označava trenutnu količinu goriva u spremniku izraženu u litrama. Vrijednost S označava koliko kilometara vozilo može prijeći sa trenutnom količinom goriva u spremniku i izražena je u km.
- Opterećenje motora se očitava uz pomoć *OBD Request Current Powertrain Diagnostic Data.vi* te se preračunava u željeni oblik pomoću formule $\frac{A \cdot 100}{255}$ što je prikazano na donjoj slici.



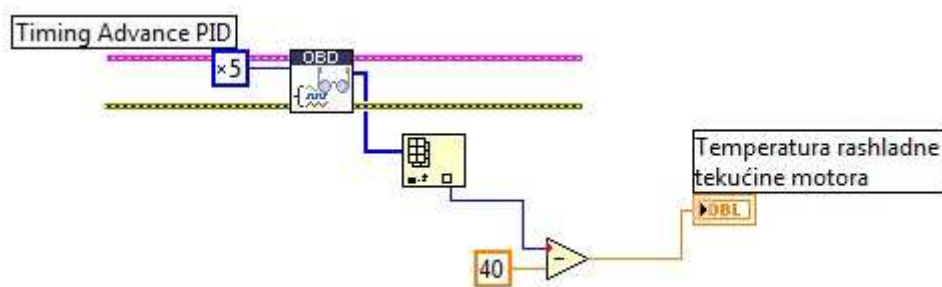
Slika 7.21. Opterećenje motora.

- PID koji omogućuje očitavanje brzine vozila u heksadecimalnom obliku iznosi 4 odnosno u decimalnom obliku također iznosi 4.
- Položaj zaklopke se očitava uz pomoć *OBD Request Current Powertrain Diagnostic Data.vi* te se preračunava u željeni oblik pomoću formule $\frac{A \cdot 100}{255}$ što je prikazano na donjoj slici. PID u heksadecimalnom obliku iznosi 45 odnosno 69 u decimalnom obliku.



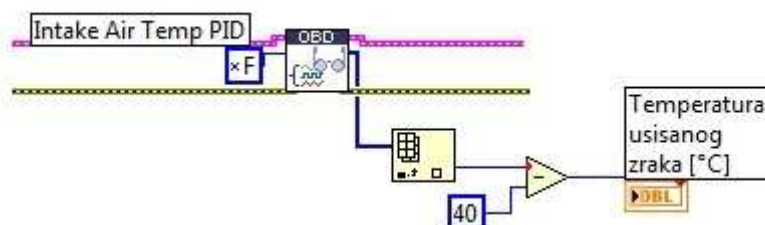
Slika 7.22. Položaj zaklopke.

- Temperatura rashladne tekućine motora se očitava uz pomoć *OBD Request Current Powertrain Diagnostic Data.vi* te se preračunava u željeni oblik pomoću formule $A - 40$. PID u heksadecimalnom i u decimalnom obliku iznosi 5.



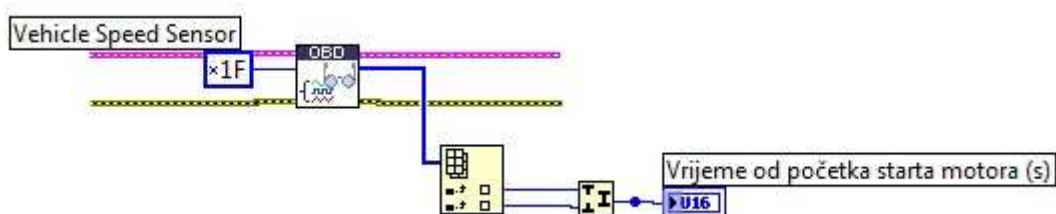
Slika 7.23. Temperatura rashladne tekućine motora.

- Temperatura usisanog zraka se očitava uz pomoć *OBD Request Current Powertrain Diagnostic Data.vi* te se preračunava u željeni oblik pomoću formule $A-40$. PID u heksadecimalnom obliku iznosi F odnosno u decimalnom obliku iznosi 15.



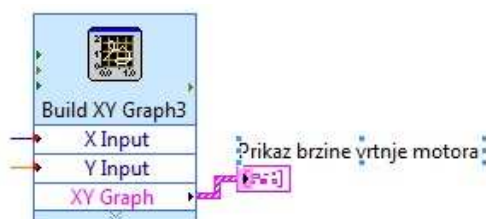
Slika 7.24. Temperatura usisanog zraka.

- Vrijeme koje se počinje mjeriti u trenutku pokretanja motora očitava se uz pomoć *OBD Request Current Powertrain Diagnostic Data.vi* te se preračunava u željeni oblik pomoću formule $A \cdot 255 + B$. PID u heksadecimalnom obliku iznosi 1F odnosno u decimalnom obliku iznosi 31.



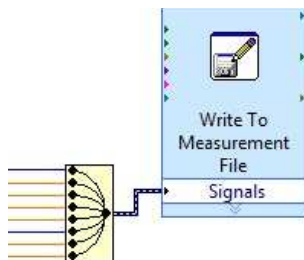
Slika 7.25. Vrijeme od početka starta motora.

- Radi kvalitativnog prikaza očitanih parametara napravljen je dijagramski prikaz pojedinih veličina u ovisnosti o vremenu. Slika ispod prikazuje ikonu pomoću koje je izrađen dijagram, te je osi x dodijeljeno vrijeme a osi y pojedini parametri koji se prikazuju u ovisnosti o vremenu.



Slika 7.26. Izrada dijagrama.

- Očitani se podatci radi daljnje analize spremaju u određene datoteke. Izmjereni podatci se spremaju u tekstualnu datoteku (.lvm) ili u binarnu datoteku (.tdm ili .tdms). Slika ispod prikazuje ikonu pomoću koje se spremaju očitani podatci.



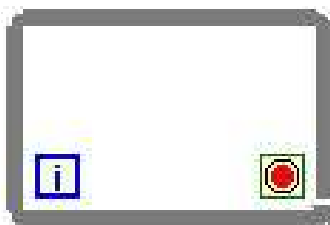
Slika 7.27. Spremanje očitanih podataka u datoteku.

- Na posljetku kada su isprogramirani svi parametri koje se žele očitavati sa CAN sabirnice pomoću *Close Diagnostic.vi* se zatvara dijagnostički proces. Slika ispod prikazuje izgled ikone pomoću koje je to izvršeno



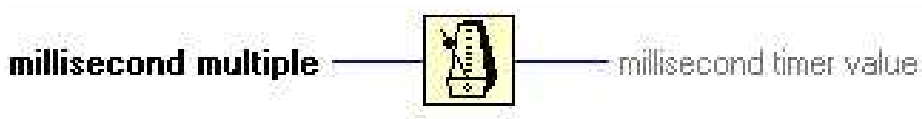
Slika 7.28. Zatvarenje dijagnostičkog procesa (engl. *Close Diagnostic.vi*).

- Ukoliko se želi da se očitavanje zadanih parametara neprekidno ponavlja koristi se *While* petlja (engl. *Loop*). Svi procesi koji se nalaze unutar *While* petlje se ponavljaju dok se program ne zaustavi ili dok se očitava pogreška u samom *vi*-u.



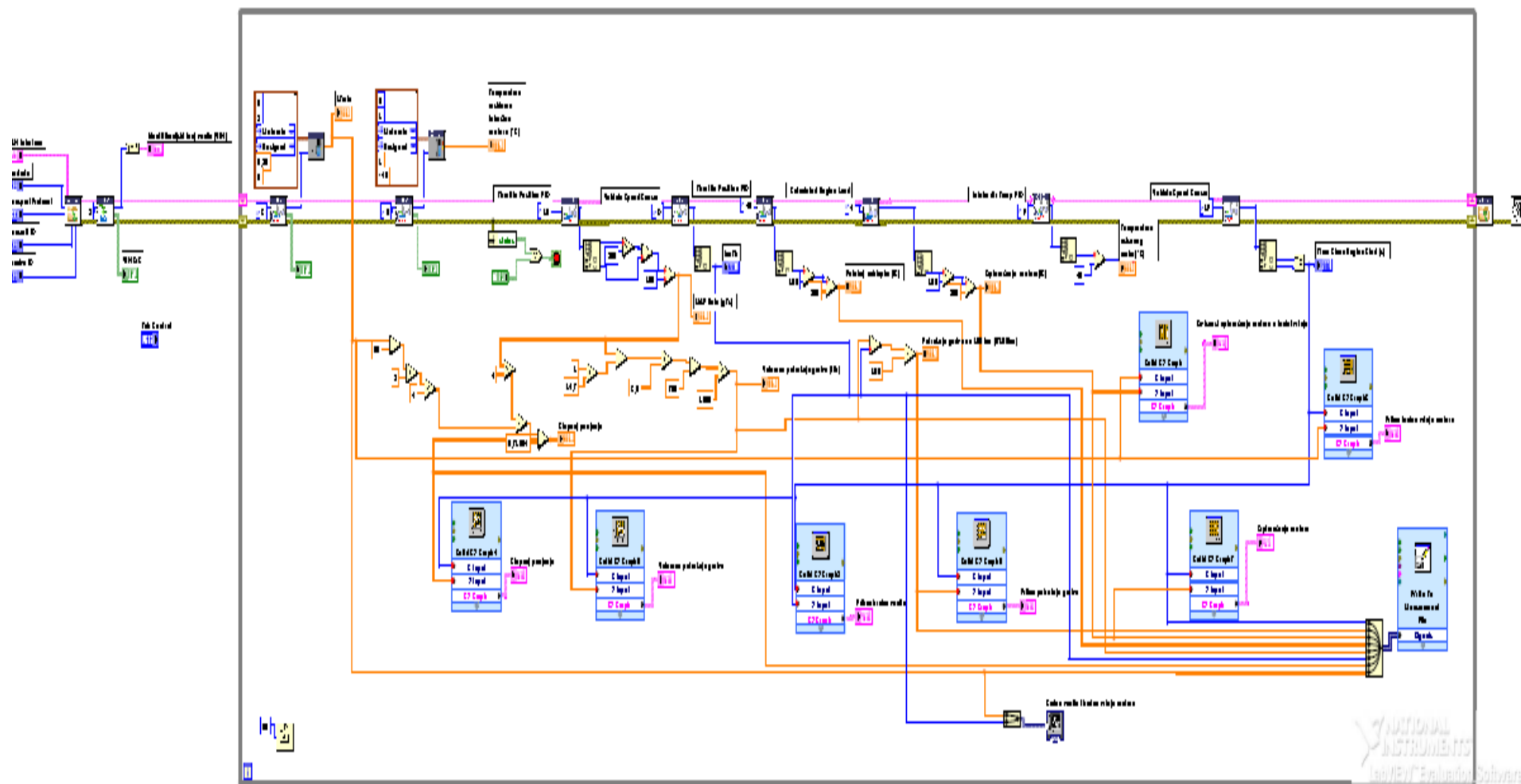
Slika 7.29. *While* petlja (engl. *Loop*).

- Ukoliko nije potrebno kontinuirano očitavanje svake pristigle poruke tada se uz pomoć ikone pod nazivom *Wait Until Next ms Multiple Function* određuje vremenski period prikupljanja podataka.



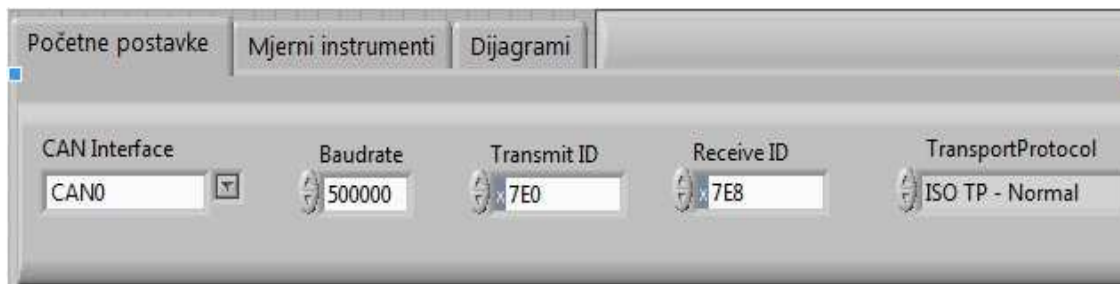
Slika 7.30. Vremenski period prikupljanja podataka.

Na slici 7.31 ispod prikazan je blok dijagram programskog sučelja uz pomoć kojeg su napravljena očitavanja podataka sa CAN sabirnice ugrađene u vozilu.



Slika 7.31. Blok dijagram .vi programa za LabView.

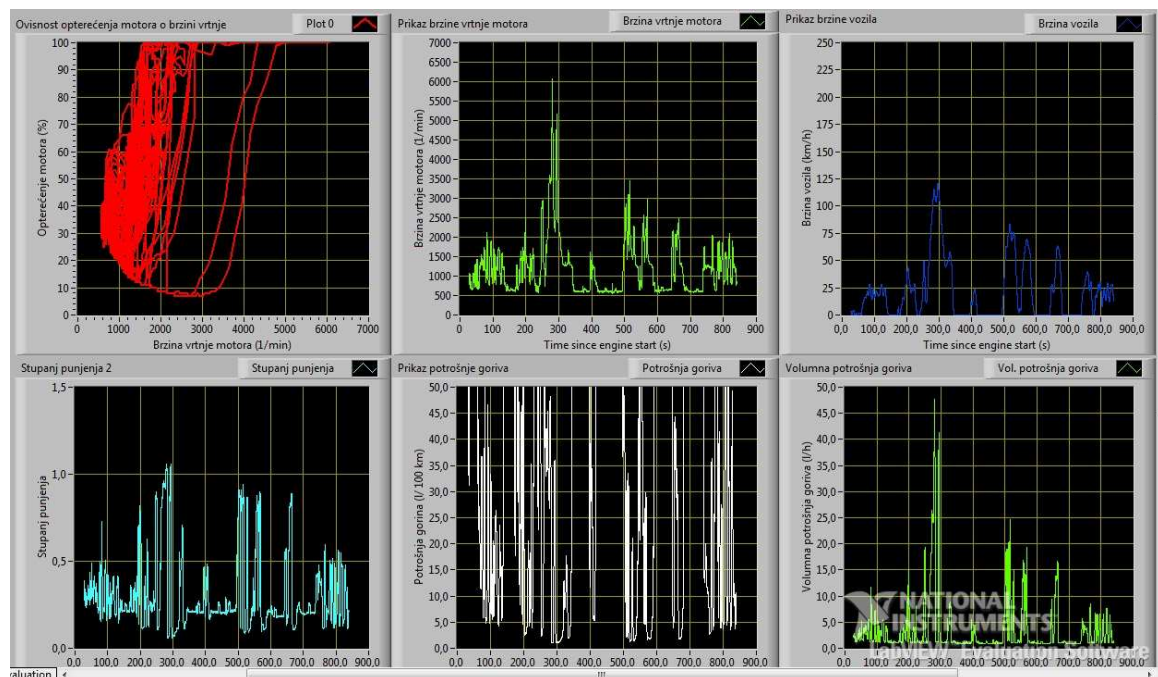
Na radnoj površini određene su početne postavke poput određivanja CAN kanala kojeg želimo očitavati kao i brzina prijenosa podataka itd. U sučelju mjerni instrumenti prikazani su očitani podatci u grafičkom obliku, to su brzina vrtnje motora, brzina vozila, potrošnja goriva, opterećenje motora, položaj zaklopke itd.. U sučelju dijagrami dan je prikaz očitanih podataka u ovisnosti o vremenu. Zbog veličine i broja pojedinih pokazatelje odnosno instrumenata grafička radna površina je podijeljena u tri kartice (engl. *Tab*).



Slika 7.32 Radna površina programskog sučelja u kojoj su određene početne postavke.



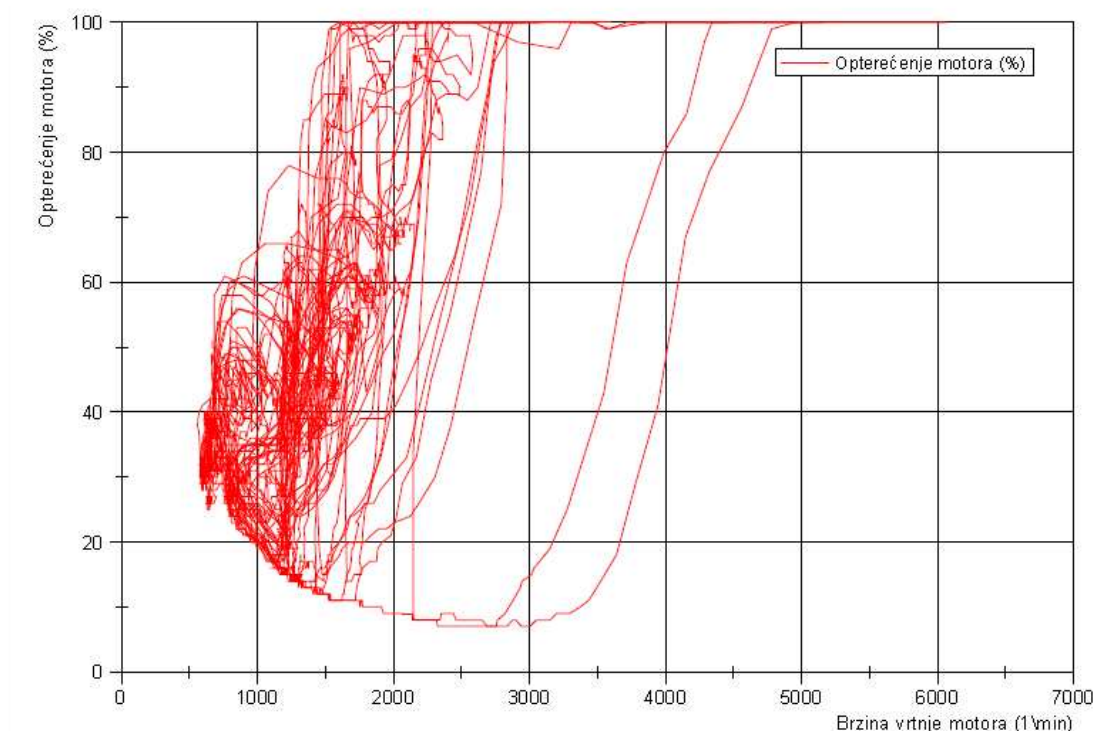
Slika 7.33 Izgled druge kartice „virtualnog instrumenta“ programskog sučelja unutar LabView-a.



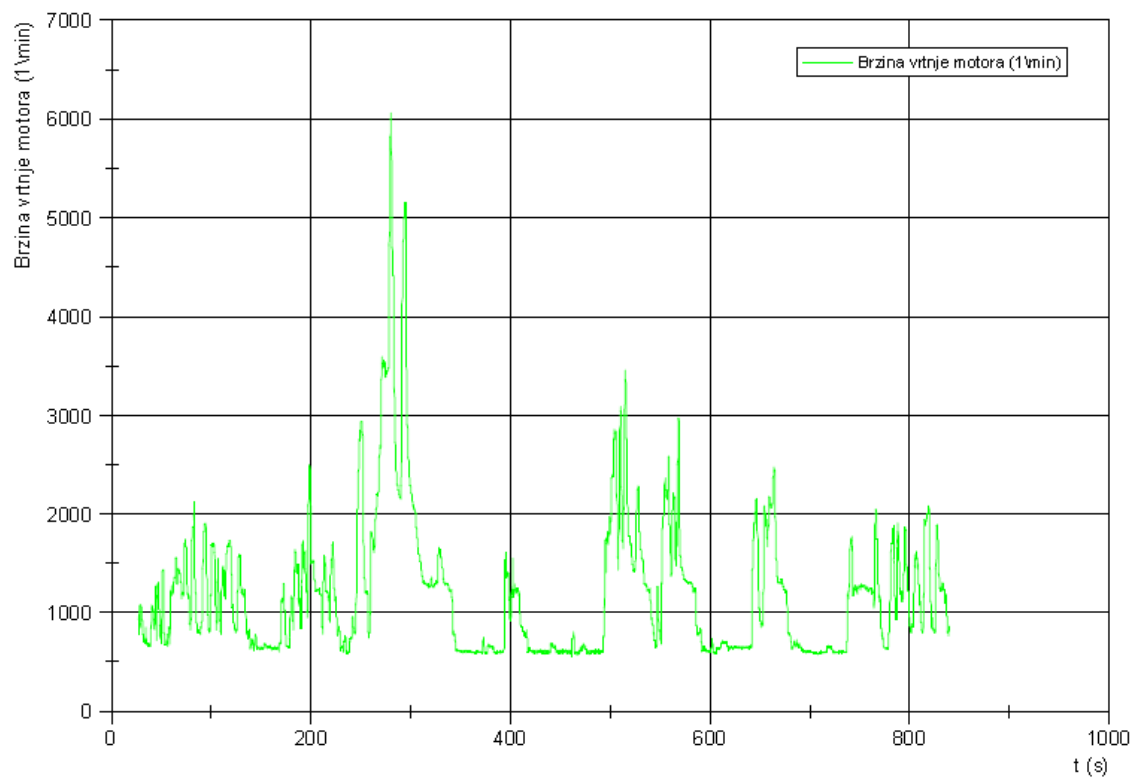
Slika 7.34 Treća kartica vi-a prikazuje dijagramska očitavanja prikupljenih podataka.

7.6. Analiza prikupljenih podataka

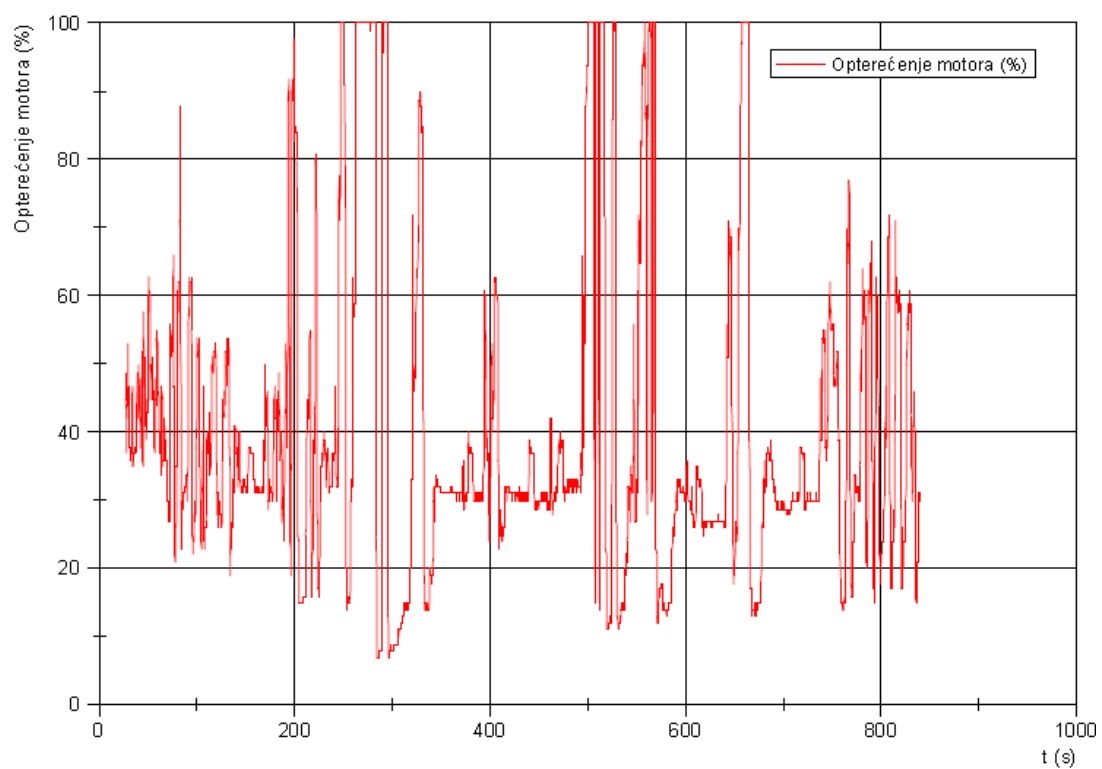
Nakon izvršenih mjerenja prikupljeni podatci su obrađeni uz pomoć NI DIADEM programa te je dan njihov prikaz u dijagramima ispod.



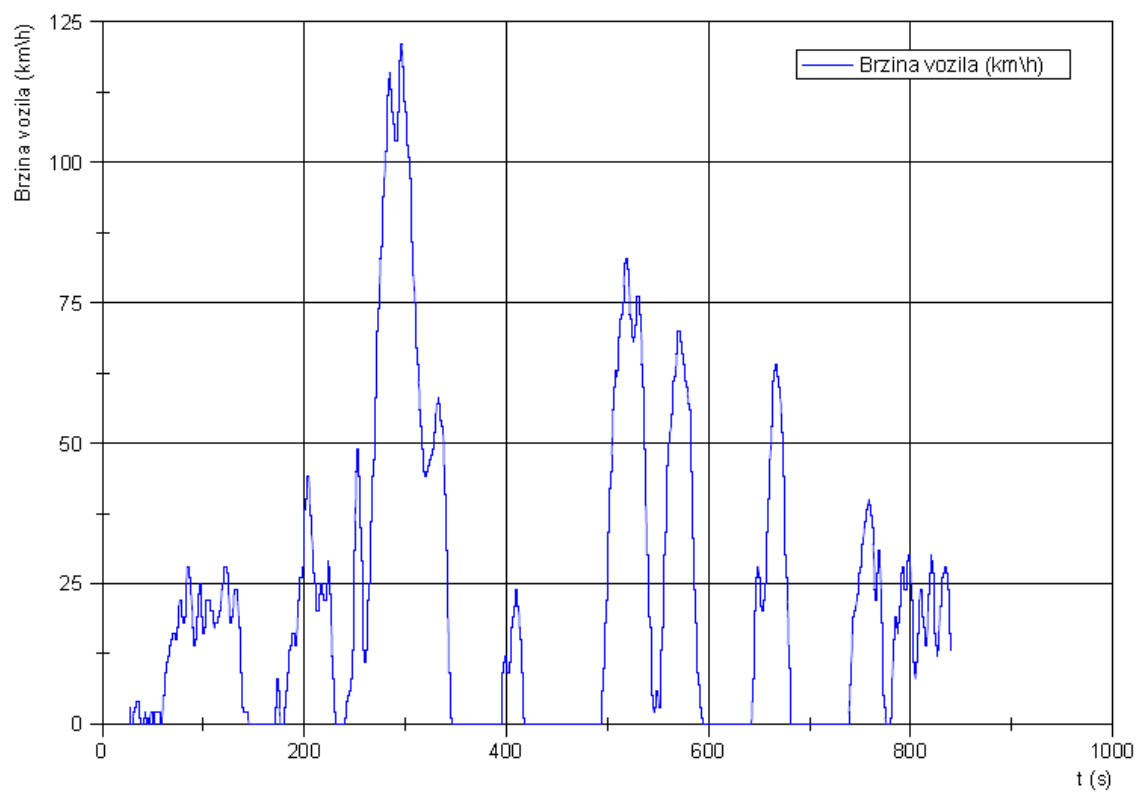
Slika 7.35. Prikaz promjene radne točke motora u ovisnosti o brzini vrtnje i izračunatom opterećenju.



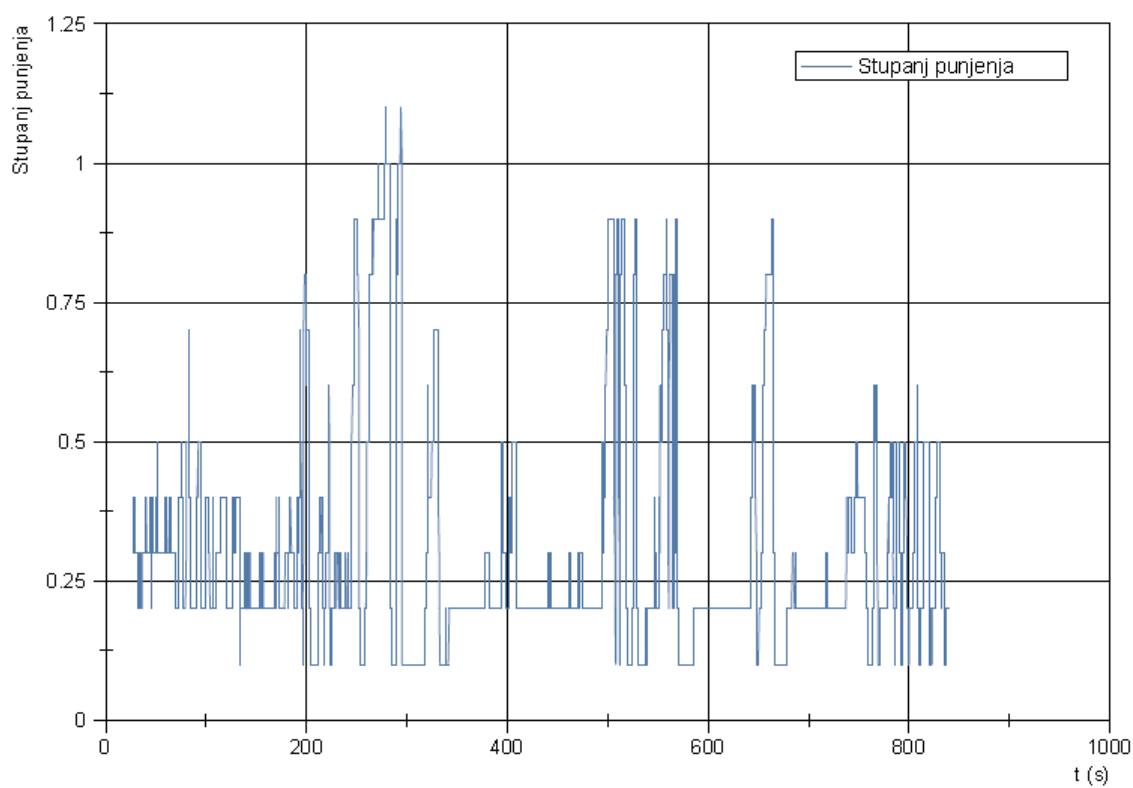
Slika 7.36. Prikaz promjene brzine vrtnje motora u ovisnosti o vremenu.



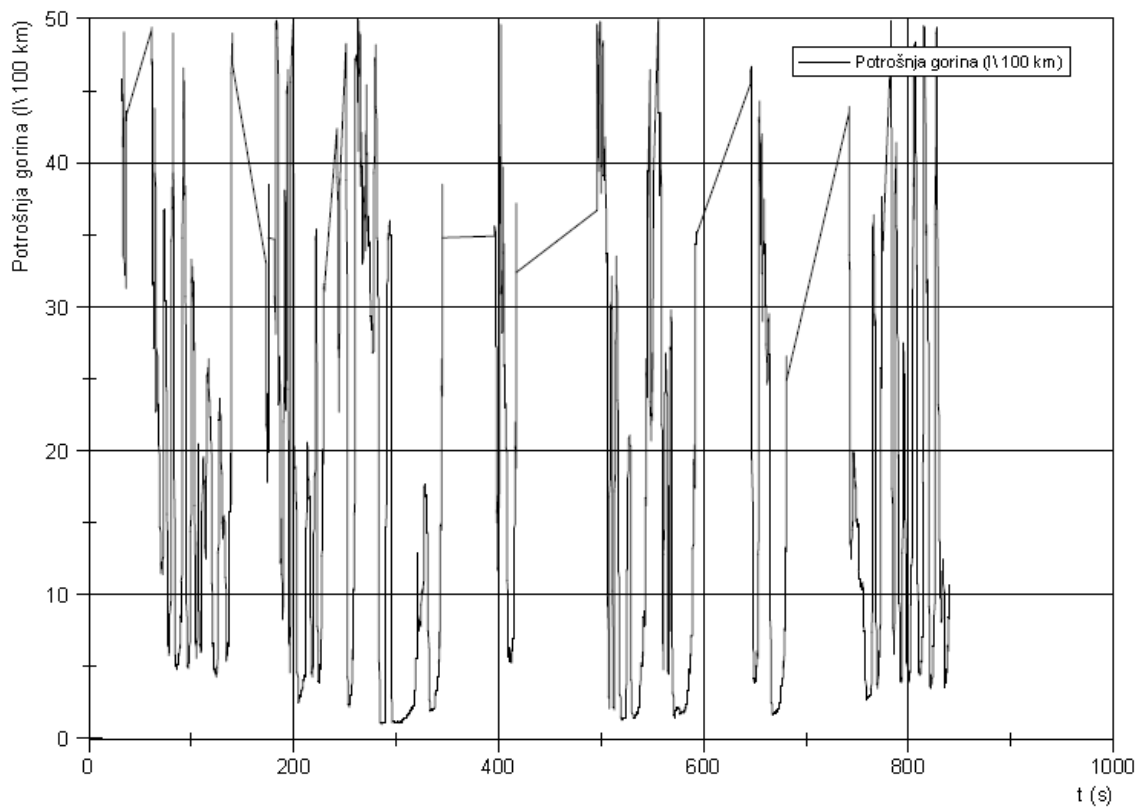
Slika 7.37. Prikaz promjene izračunatog opterećenja motora u ovisnosti o vremenu.



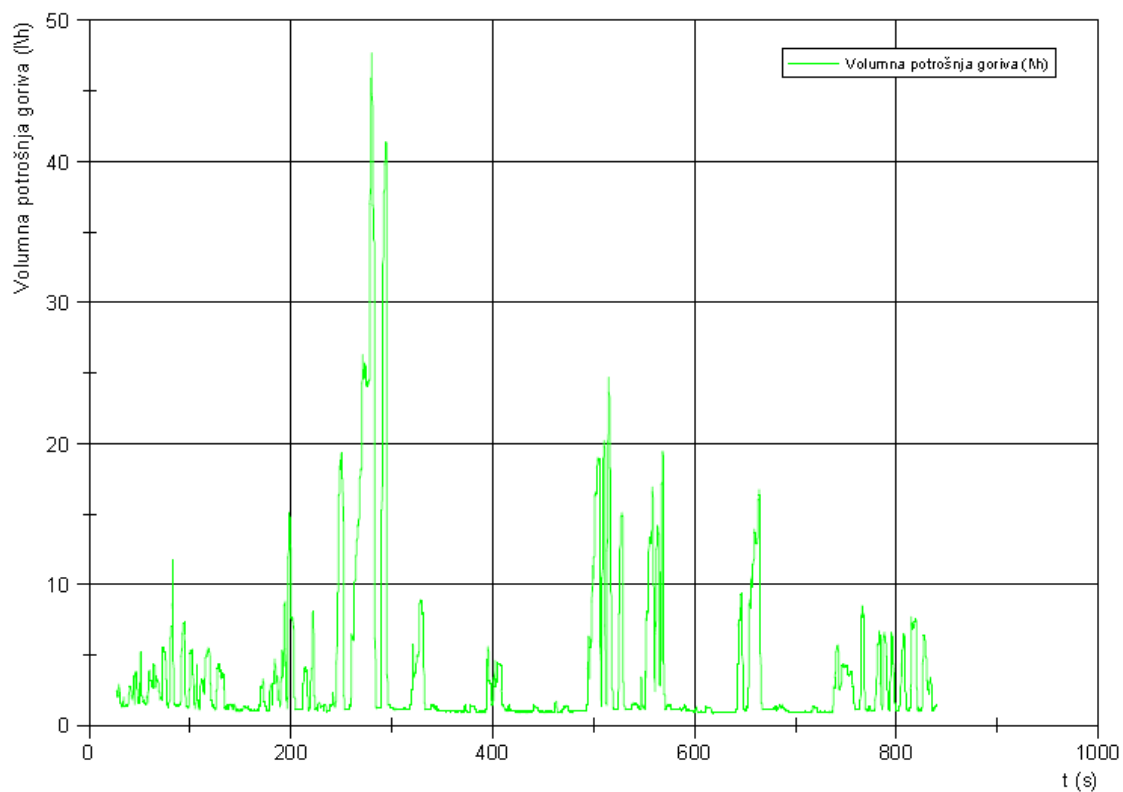
Slika 7.38. Prikaz promjene brzine vozila u ovisnosti o vremenu.



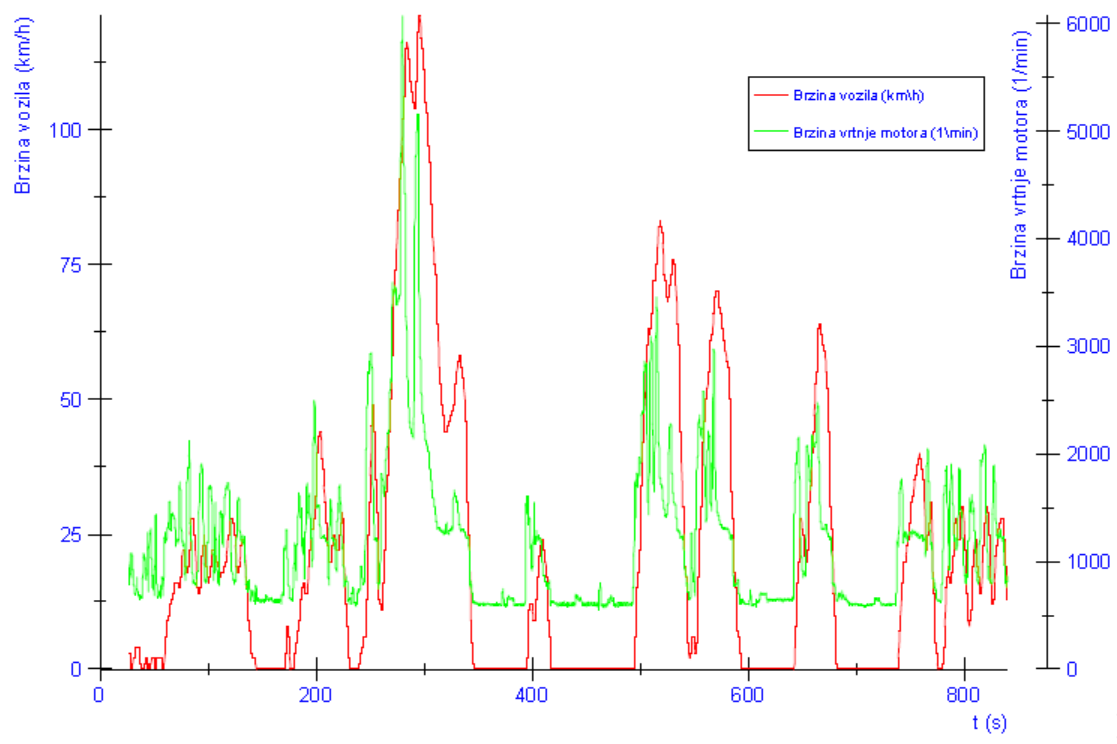
Slika 7.39. Prikaz promjene stupnja punjenja cilindra motora u ovisnosti o vremenu.



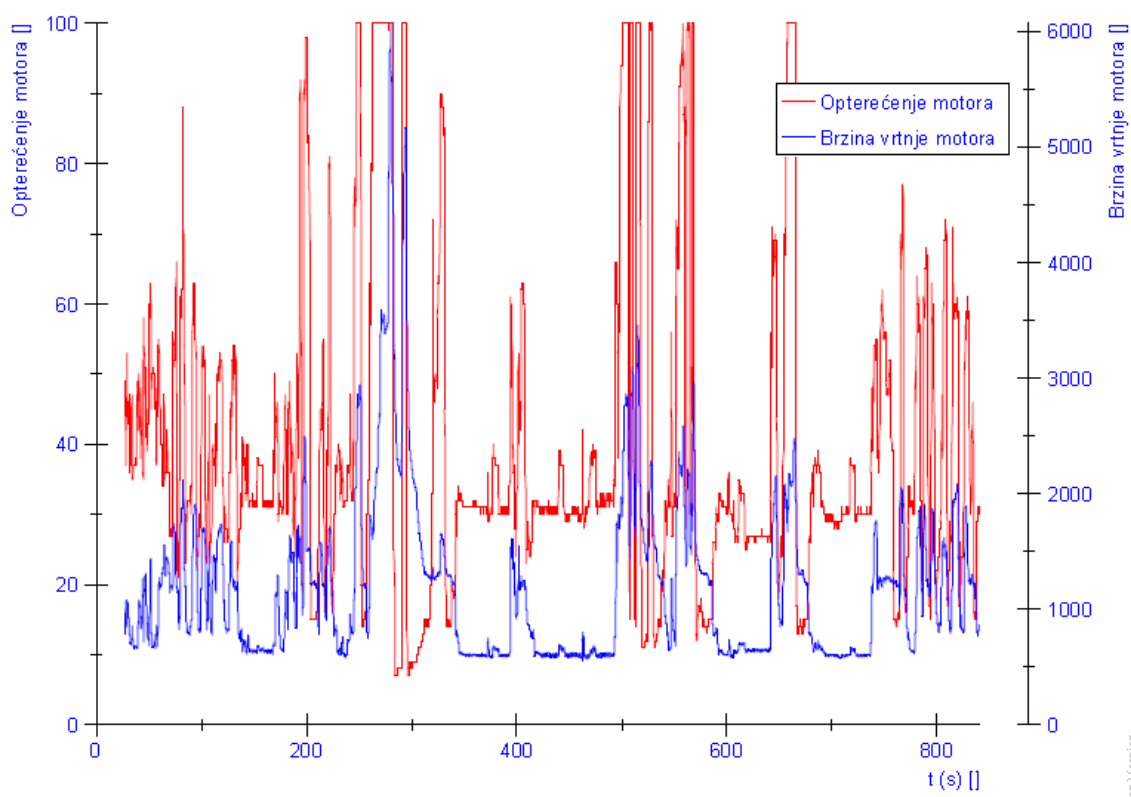
Slika 7.40. Prikaz promjene potrošnje goriva na 100 km u ovisnosti o vremenu.



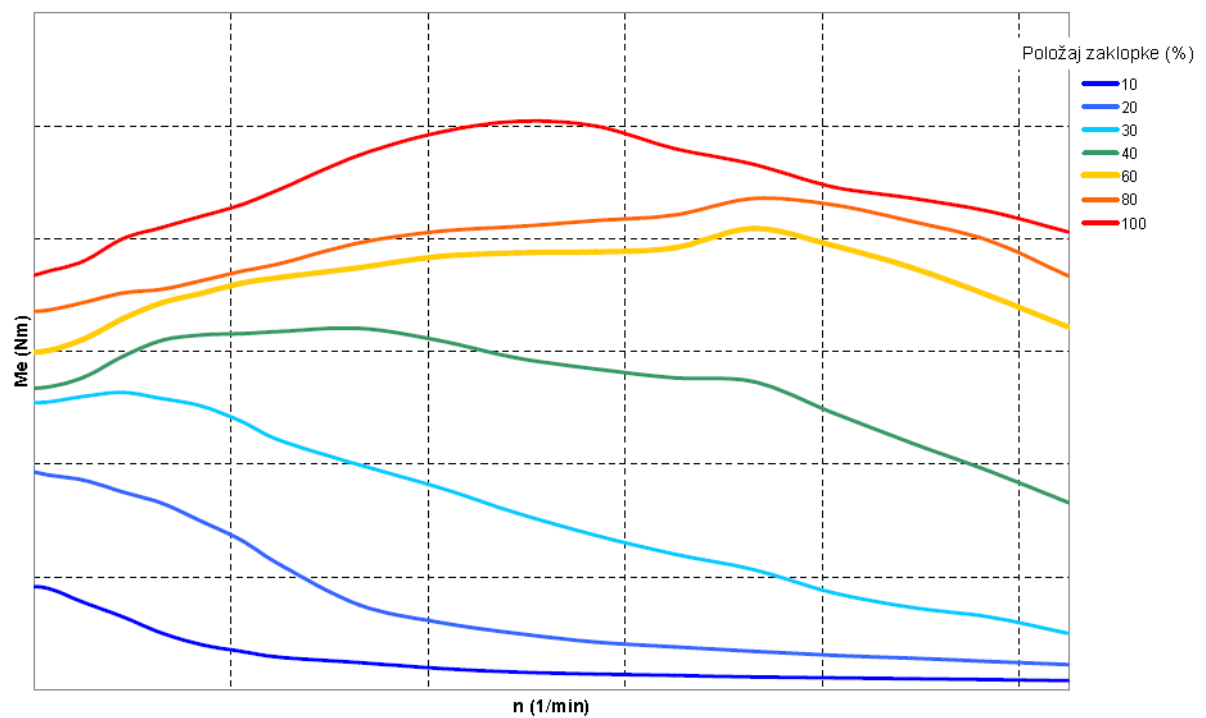
Slika 7.41. Prikaz promjene volumne potrošnje goriva u ovisnosti o vremenu.



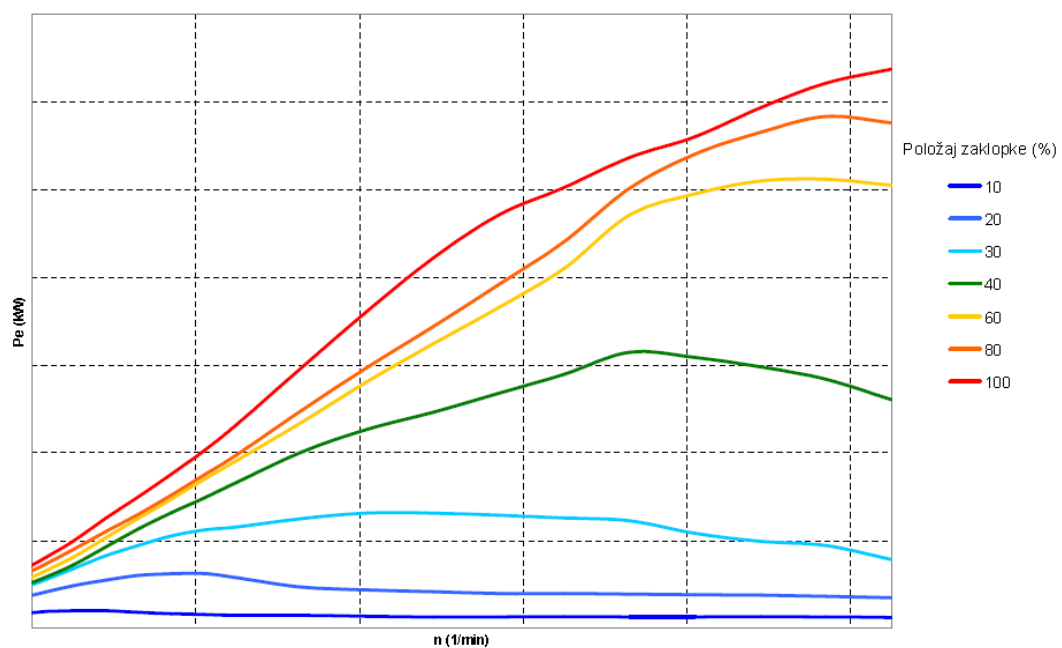
Slika 7.42. Prikaz brzine vrtnje motora i brzine vozila u ovisnosti o vremenu.



Slika 7.43. Prikaz brzine vrtnje motora i izračunatog opterećenja u ovisnosti o vremenu.

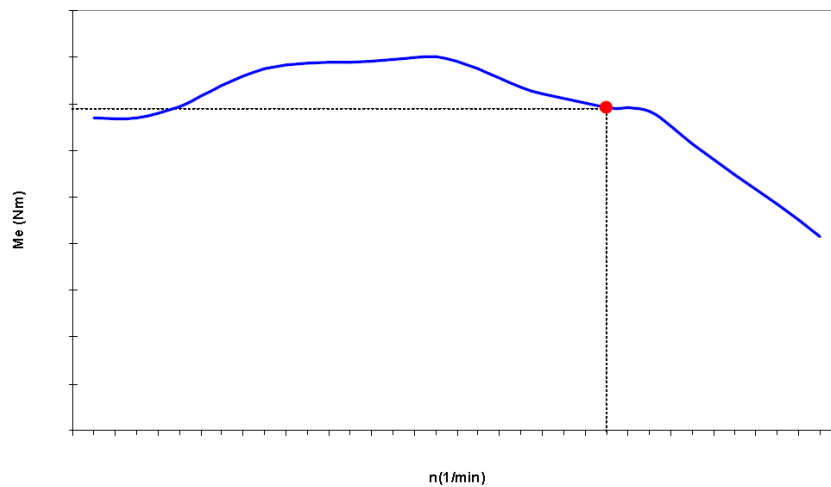


Slika 7.44. Kvalitativni prikaz ovisnosti efektivnog momenta o brzini vrtnje motora i položaju zaklopke..

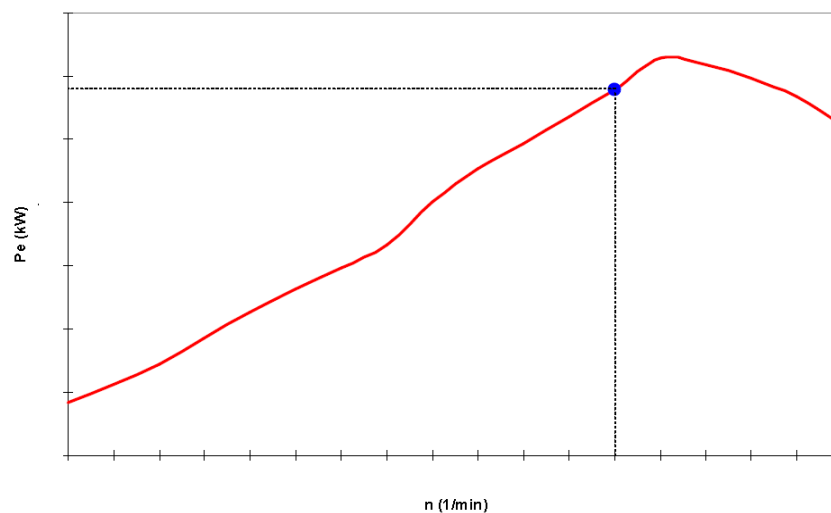


Slika 7.45. Kvalitativni prikaz ovisnosti efektivne snage o brzini vrtnje motora i položaju zaklopke.

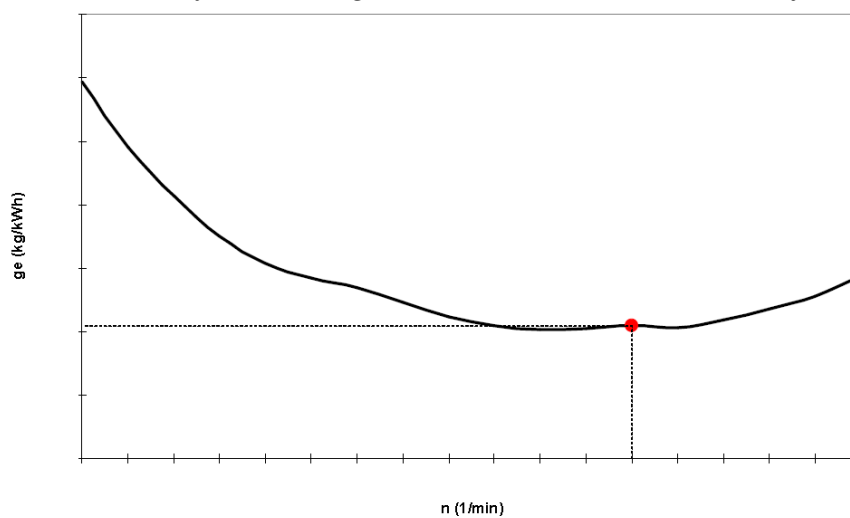
Sljedeće slike prikazuju ovisnost efektivnog momenta, snage i potrošnje goriva o brzini vrtnje motora. Prikazi su dani za vrijednost zakreta zaklopke $\alpha = 40\%$.



Slika 7.46. Prikaz ovisnosti efektivnog momenta o brzini vrtnje motora.



Slika 7.47. Prikaz efektivne snage motora u ovisnosti o brzini vrtnje motora.



Slika 7.48. Prikaz specifične efektivne potrošnje goriva u ovisnosti o brzini vrtnje motora.

8. Zaključak

Ugradnjom sve većeg broj elektroničkih sklopova za upravljanje i nadgledanje rada sustava u vozilu bitnih za rad motora, sigurnost te udobnost u vozilu povećava se mogućnost nastajanja kvara na nekom dijelu ili cijelom sklopu. CAN sustav je komunikacijski protokol koji omogućuje jednostavnije i brže pronalaženje na kojem dijelu sustava je kvar nastao kako bi se što lakše i otklonio.

Uređaji koji omogućuju spajanje na računalni sustav u vozilu pomoću kojeg je moguć uvid u stanje pojedinih komponenti na vozilu su dostupni kako cijenom tako i jednostavnim rukovanje njima. Pomoću tih uređaja može se analizirati prikupljene podatke o radu motora te ih daljnjim razvojem usavršavati radi postizanja veće ekonomičnosti i smanjenje štetnog utjecaja na okoliš.

U ovom radu je pomoću odgovarajućeg hardverskog sklopa NI USB 8473s i programskog paketa NI LabView 2010. izrađen program koji omogućuje pregledavanje trenutnih podataka s vozila, praćenje u ovisnosti o vremenu (dijagrami) kao i njihovo spremanje u datoteku.

Prijedlozi za daljnji nastavak i unaprjeđenje ovog rada su:

- Daljnji razvoj programa za očitavanje ostalih parametara vozila.
- Sinkronizacija uređaja NI USB 8473s s nekim drugim uređajem (npr. GPS-om) u svrhu analize potrošnje goriva u gradskom prometu.

Literatura

- [1] Kalauz Z., Samokontrola sustava na vozilu bitnih za kvalitetu ispušnih plinova – OBD sustavi, Centar Za Vozila Hrvatske, Stručni bilten broj 103, Zagreb, rujan 2003.
- [2] Ostojić N., Auto dijagnostika, Mikroelektronika, 2007.
- [3] http://www.vuka.hr/uploads/media/Racunalne_mrezePrezentacija_27_01_2010.pdf
- [4] <http://www.elwe.com/gb/produkte/kfzelek/can-bus.php>
- [5] <http://autoecutools.com/PDF/AutoStar%20AS-700.pdf>
- [6] <http://www.autodiagnos.com/>
- [7] Ribbens B. W., Understanding automotive electronics, Sixth edition, 2003., ISBN-13: 978-0-7506-7599-4
- [8] Digital Fault Code Module 1988-98, OB15-7, Volkswagen / Audi / Seat / Skoda Instructions, Baum Tools Unlimited Inc. January 27, 1999.
- [9] <http://www.baumtools.com/catalogs.php>
- [10] <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/203554>
- [11] CAN Specification, Version 2.0, 1991, Robert Bosch GmbH, Postfach 30 02 40, D-70442 Stuttgart
- [12] <http://www.dashhawk.com/>
- [13] <http://www.softing.com>
- [14] <http://www.kdijagnostika.hr>
- [15] <http://tunertools.com>
- [16] <http://www.bosch.hr>
- [17] <http://www.oss.unist.hr/~ddelija/rmalen2.ppt>
- [18] Shymam N. K., Design of physical layer for OBD-II scan tool, Svibanj 2000.
- [19] <http://www.microport.tw/>
- [20] <http://www.kold-fire.com/images/EngineManagement.pdf>
- [21] Autodata 3.18, 2007.
- [22] <http://www.OnBoardDiagnostics.com>
- [23] <http://www.autoshop101.com/forms/h46.pdf>
- [24] <http://www.aldlcable.com/>
- [25] http://www.makinterface.de/index_e.php3?frompage=/aldl_e.php3
- [26] CS1000 Fault Code Scanner, Volkswagen / Audi / Seat / Skoda, Instructions, Model Years 1988-98
- [27] Mahalec I., Lulić Z., Kozarac D.; Motori s unutarnjim izgaranjem, Zagreb 2009.
- [28] Šoda A., Ormuž K.; Motorna vozila, Zagreb 2008./09.

- [29] Halas B., Galović A., Boras I.; Toplinske tablice, Zagreb 2008.
- [30] <http://machinedesign.com/article/dont-destroy-that-race-car-engine-use-this-software-instead-0524>
- [31] <http://cvt.com.sapo.pt/control/control.htm>
- [32] <http://forums.nasioc.com/forums/showthread.php?t=1537010>
- [33] <http://www.pc-oscilloscopes.com/canbus.htm>

Indeks

A

ABS.....XIII, 9, 13, 28, 35, 38, 44, 49
ACK polje (engl. *ACKnowledge field*)..... 16
ALDL..... XIII, 4
Arbitracijsko polje (engl. *Arbitration Field*)..... 15
ASR..... 9, 28
Audi 9, 35, 43, 44, 48, 83

B

Baud..... 59, 91
Baumtools 45
Bluetooth..... 49
BMW 43
Borland C/C++..... 52
Bosch 22, 50, 83

C

CALID XIII, 29
CAN (engl. *Controller Area Network*)XIII, XIV, 8, 9,
12, 13, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28,
31, 36, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53
CAN-High..... 8, 12, 21, 24, 36
CAN-Low 8, 12, 18, 21, 24, 36
CARB XIII, 1, 4, 8, 9, 25, 30, 42, 44, 47, 49, 50
Check engine..... 11, 41
Closed Loop 39, 40
CRC polje 16
CVN (engl. *Calibration Verification Number*)..... 30

D

DASH DAQ II 51
DashHawk..... 42
Data frame 15, 16
Data Frame..... 15, 16, 17, 18
Datsun..... 4
Dieselov motor..... 30
DLC XIII, 2, 3, 10
Dominantno stanje 19
DTC . XIII, 2, 4, 11, 28, 31, 33, 34, 35, 38, 43, 44, 45,
46, 47

E

ECM..... XIII, 4, 41
ECU (engl. *Electronic Control Unit*) XIV, 13, 21, 22,
28, 29, 31, 38, 41
EGR 3, 29, 30
EOBD . 2, 3, 4, 8, 9, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 33, 42,
43
EPA..... 5
Error Frame..... 15, 16
ESP 9, 28

F

Fizička razina 14
Flash Code..... 3
Freeze Frame 11, 28, 47

G

General Motors 4, 12
GMT 39

H

HDOBD 5
Honda..... 43

I

Ineterface 27
ISO 11783-2..... 24
ISO 11898 24, 52
ISO 11898-1..... 24
ISO 11898-2..... 24
ISO 11898-3..... 24
ISO 11898-4..... 24
ISO 14 230-4..... 50
ISO 14230 12, 27, 44, 45, 46, 49
ISO 14230 KWP2000 12
ISO 15031-5..... 28
ISO 15765 CAN..... 12
ISO 15765-4..... 4, 27, 49
ISO 9141-2..... 9, 12, 25, 26, 27, 44, 47, 49, 50
ISO 9142..... 12
ISO FDIS 11519-4 25, 26
ISO FDIS 14230-4 21, 25, 26
ISO WD 15765-4 25, 26

K

Karoserija (engl. *Body*) 31, 33
Keywords 2000 26
KKL 47, 48
KL sučelje 47
Kontrolno polje (engl. *Controle field*)..... 15
Kraj polja (engl. *End of field*)..... 16

L

LabVIEW..... 52
Lambda senzor 1, 30, 40, 43, 45, 46
LIN..... 52, 53
Live Data 38

M

MaxiScan	44
Mercedes	43
MIL (engl. <i>Malfunction Indicator Lamp</i>).....	XIII, 11
MIL (engl. <i>Malfunction Indicator Lamp</i>)....	XIII, 2, 3, 11, 30, 35, 38, 41, 45, 46, 47
Mode	24, 28, 29, 30
Motor	11, 28, 29, 32, 35, 40

N

National Instruments	52, 53, 54
NI DIADEM	54, 75
NI USB 8473s	52, 53, 82
NI USB-8473s.....	52

O

OBD XIII, XIV, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 12, 21, 22, 24, 31, 35, 39, 41, 49, 50, 83	
OBD Request Current Powertrain Diagnostic Data.vi	66, 69, 70
OBD Request Vehicle Information.vi	64
OBDLink	49
Odgoda slanja.....	15
Odgovor na pogrešku	15
Open Diagnostic.vi.....	63, 64
Open Loop.....	40
Ottov motor.....	30, 32
Otvorena petlja.....	40
Overload Frame.....	15, 16

P

Paket podataka	15
Philips SJA1000.....	52
PID (engl. <i>Parameter IDentification</i>) . XIII, 2, 22, 25, 28, 31, 38	
Početak polja.....	15
Podatkovna razina	14, 15
Podatkovno polje	17
Podatkovno polje (engl. <i>Data filed</i>)	16
Pogon	32
Polje odgode	16
Polje pogreške	16
Polje zahtjeva za porukom (engl. <i>Remote frame</i>	16
Prstenasta mreža.....	13

R

Recesivno stanje.....	19
Remote Frame	15, 18, 20

S

Sabirnička mreža.....	13
-----------------------	----

SAE XIII, 2, 4, 8, 9, 12, 13, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 34, 35, 47, 49, 50	
SAE J 1962	8
SAE J1850 PWM.....	12
SAE J-1850 PWM	47
SAE J1850 VPW	12
SAE J-1850 VPW	47
SAE J1939	27
SAE J1939-11	24
SAE J1962	8
Scan Tool	XIII, 2, 3
Seat	35, 44, 48, 83
Stablata mreža	13
Start of frame	15
Stupanj punjenja	VI, 68
Sučelje	4, 12, 24, 27, 47, 48, 49

Š

Šasija (engl. <i>Chassis</i>)	31, 32, 33
Škoda	35, 44, 48

T

TID (engl. <i>Test IDentification</i>)	25, 26
---	--------

U

USB	48, 49, 50
-----------	------------

V

VAG.....	35, 44, 47, 48
VCDS (engl. <i>Vag Com Diagnostic System</i>)	48
VIN oznaka	XIII, 29, 44, 45, 46, 47
Visual Basic 6.0	52
Visual C++ 6.0.....	52
VW.....	4, 35, 44, 48, 83

W

WOT	28
-----------	----

Z

Zahtjev za porukom	15
Zatvorena petlja	40
Zvezdasta mreža	13

λ

λ sonda	29
---------------	----

PRILOG A

Uvod

Pomoću dijagnostičkog uređaja VAG COM koji se koristi za vozila grupacije VAG napravljena je dijagnostika na vozilu marke Audi model A2. U nastavku opisan je postupak korištenja programa za dijagnostiku i izgled očitanih pogrešaka koje su pronađene na vozilu.



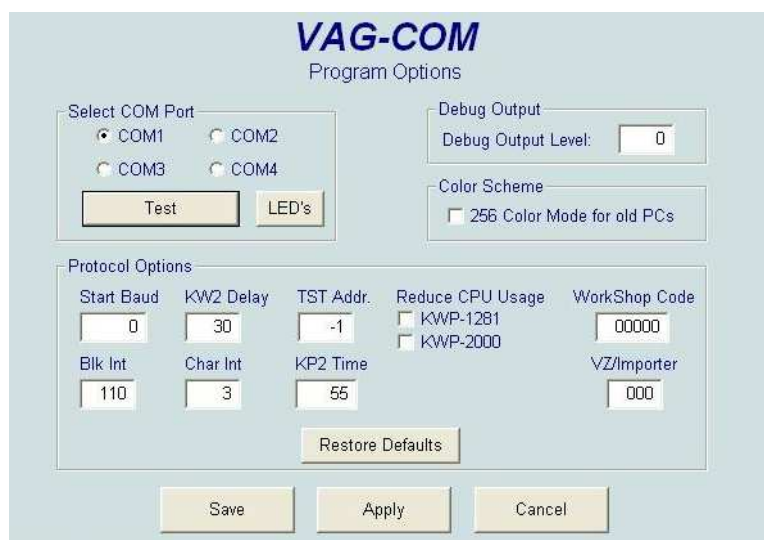
Slika A.1. Dijagnostički uređaj VAG COM.

Pregled slijeda dijagnostičkih koraka

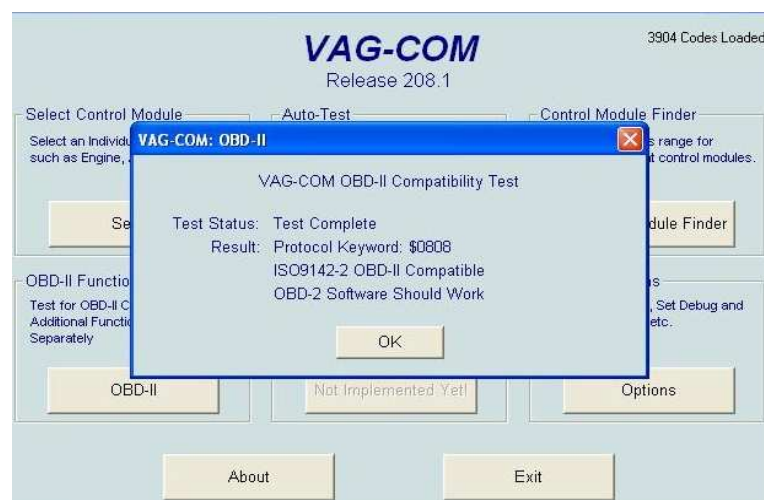
U glavnom izborniku odabirom pojedinih funkcija postave se početne postavke za uspješnu komunikaciju s vozilom.



Slika A.2. Izgled glavnog izbornika.



Slika A.3. Options.



Slika A.4. Ispis osnovnih podataka o komunikacijskom programu (OBD II).

Pronalazak svih kontrolnih modula u vozilu omogućuje funkcija *Control modul finder*.

Note:
A complete scan of all possible addresses (01-7F) can take a LONG time.:-)

Starting Address: 01
Ending Address: 7F
Include Airbags: ☐

Start
Stop
Clear Results
Copy Results
Print Results
Close

Slika A.5. Control modul finder.

Comm Status
Please Wait 1.0 Seconds

VAG-COM
Open Controller

Controller Info
VAG Number: Component:
Soft. Coding: Shop #:
Extra:
Extra:

Basic Functions
These are "Safe"
Fault Codes - 02 Readiness - 15
Meas. Blocks - 08 Future Exp.
Single Reading - 09 Future Exp.

Advanced Functions
Refer to Service Manual!
Login - 11 Recode - 07
Basic Settings - 04 Adaptation - 10
Output Tests - 03 Future Exp.

Close Controller, Go Back - 06 Stop Auto-Run

Slika A.6. Open Controller.

Odabir kontrolnog modula na kojem se izvodi dijagnostika.

VAG-COM
Select Control Module

Common Modules
01 - Engine 02 - Auto Trans. 03 - ABS Brakes 08 - HVAC
15 - Airbags 17 - Instruments 22 - AWD 35 - Cent. Locks
37 - Navigation 45 - Int. Monitor 46 - Cent. Conv. 56 - Radio

Direct Entry
Address-Word: 01-7F Go

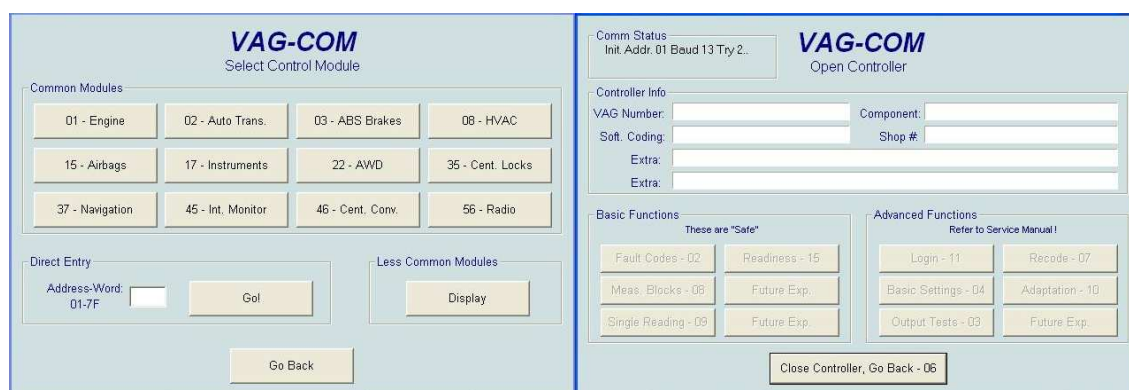
Less Common Modules
Display

Go Back

Slika A.7. Uobičajeni moduli.



Slika A.8. Posebni moduli.



Slika A.9. Modul motora.



Slika A.10. Pogreška u softveru.

Nakon namještanja *Baud Rate*-a u *Options* prozoru uspješno su očitane pogreške na sklopu motora. Sljedeća slika prikazuje pojedinu pogrešku te je dan kratki opis uz svaku.

VAG-COM
Fault Codes

Controller Info
 VAG Number: **036 906 034 Q** Component: **MARELLI 4LV 3720**

Fault Codes

5 DTCs Found:
 18043 - Powertrain Data Bus: Missing Message from A/C Controller
 35-00 - -
 17978 - Engine Control Module Blocked by Immobilizer
 35-10 - - - Intermittent
 17972 - Throttle Body Controller (J338): Under-Voltage during Basic Setting
 35-10 - - - Intermittent
 17962 - Throttle Body Controller (J338): Conditions for Basic Settings not Me
 35-10 - - - Intermittent
 17953 - Throttle Valve Controller: Malfunction

Print Codes Copy Codes Clear Codes - 05

Go Back

Slika A.11. Pogreške očitane sa motornog sklopa.

Comm Status
 IC=1 TE=0 RE=0
 Protocol: KW1281

VAG-COM
Open Controller

Controller Info
 VAG Number: **820 907 379 A** Component: **ESP 20 CAN V008**
 Soft. Coding: **10758** Shop #: **WSC 00000**
 Extra:
 Extra:

Basic Functions These are "Safe"
 Fault Codes - 02 Readiness - 15
 Meas. Blocks - 08 Future Exp.
 Single Reading - 09 Future Exp.

Advanced Functions Refer to Service Manual!
 Login - 11 Recode - 07
 Basic Settings - 04 Adaptation - 10
 Output Tests - 03 Future Exp.

Close Controller, Go Back - 06

Slika A.12. Modul ABS-a.

VAG-COM
Fault Codes

Controller Info
 VAG Number: **820 907 379 A** Component: **ESP 20 CAN V008**

Fault Codes

2 DTCs Found:
 00778 - Steering Angle Sensor (G85)
 49-00 - No Communications
 00668 - Supply Voltage Terminal 30
 16-10 - Signal Outside Specifications - Intermittent

Print Codes Copy Codes Clear Codes - 05

Go Back

Slika A.13. Očitane pogreške na sustavu ABS-a.

Pomoću mjernih blokova očitavaju se trenutne vrijednosti pojedinih parametara.



Slika A.14. Mjerni blokovi.



Slika A.15. HVAC (engl. Heating, Ventilating, and Air Conditioning).



Slika A.16. HVAC DTC.



Slika A.17. HVAC mjerni blok.



Slika A.18. Instruments.



Slika A.19. Instruments DTC.



Slika A.20. Instruments mjerni blokovi.



Slika A.21. Pomoć pri upravljanju (engl. Stearing assistance).



Slika A.22. Stearing assistance DTC.

Sample Rate: 2.7 --

Label File: None

VAG-COM

Measuring Blocks

Group 004 Up Go! 0.0° -0.43 m/s² 0.0°/s N/A
Steering Angle Lateral Accel. Turn Rate

Group 001 Up Go!

Group 002 Up Go!

[Refer to Service Manual!](#)

[Switch To Basic Settings](#) [Done, Go Back](#) [Graph](#) [Log](#)

Slika A.23. Steering assistance mjerni blokovi.

Comm Status
 IC=1 TE=0 RE=0
 Protocol: KW1281 --

VAG-COM

Open Controller

Controller Info

VAG Number: 820 959 433 C Component: Komfortgerät T05 01A2
 Soft. Coding: 00000 Shop #: WSC 02138
 Extra: 8Z1959801 Törsteuer.FS BRM 5.90 | 8Z1959802 Törsteuer.BF BRM 5.90
 Extra:

Basic Functions These are "Safe"

[Fault Codes - 02](#) [Readiness - 15](#)
[Meas. Blocks - 08](#) [Future Exp.](#)
[Single Reading - 09](#) [Future Exp.](#)

Advanced Functions Refer to Service Manual!

[Login - 11](#) [Recode - 07](#)
[Basic Settings - 04](#) [Adaptation - 10](#)
[Output Tests - 03](#) [Future Exp.](#)

[Close Controller, Go Back - 06](#)

Slika A.24. Moduli komfora.

VAG-COM

Fault Codes

Controller Info

VAG Number: 820 959 433 C Component: Komfortgerät T05 01A2

Fault Codes

9 DTCs Found:
 01330 - Central Control Module for Convenience (J393)
 52-10 - Voltage Supply Too High - Intermittent
 01330 - Central Control Module for Convenience (J393)
 53-10 - Voltage Supply Too Low - Intermittent
 01320 - Control Module for Climatronic (J255)
 49-00 - No Communications
 01561 - Left Rear Door
 59-10 - Can't Unlock - Intermittent
 01562 - Right Rear Door

[Print Codes](#) [Copy Codes](#) [Clear Codes - 05](#)

[Go Back](#)

Slika A.25. DTC-ovi komfora.

VAG-COM
Fault Codes

Controller Info:

VAG Number: **8Z0 959 433 C** Component: **Komfortgerät T05 01A2**

Fault Codes

- 01562 - Right Rear Door
59-10 - Can't Unlock - Intermittent
- 01366 - Opened via Crash Signal
36-00 - Open Circuit
- 01331 - Door Control Module: Driver Side (J386)
49-10 - No Communications - Intermittent
- 01560 - Passenger Door
37-10 - Faulty - Intermittent
- 01332 - Door Control Module: Passenger Side (J387)
49-10 - No Communications - Intermittent

Slika A.26. DTC-ovi komfora.

VAG-COM
Measuring Blocks

Sample Rate: **2.3** Label File: None

Group **004**

Group **001**

Group **002**

Refer to Service Manual!

Slika A.27. Mjerni blokovi komfora.

Objašnjenje DTC-ova pronađenih na vozilu

Tablica A.1. DTC-ovi zabilježeni na vozilu marke Audi model A2.

Kontrolni modul	Oznaka	Opis
ABS	00778	Steering angle sensor (G85) 49-00 - No Communications
	00668	Supply Voltage Terminal 30 16 - 10 - Signal Outside Specifications - Intermitted
Instruments	01314	Engine control modul 49-10 - No Communications- Intermitted
	01320	Control modul for Climatronic (J255) - No Communications
	00668	Supply Voltage Terminal 30 53 - 10 - Voltage Supply to Low - Intermitted
	01288	Terminal 30: Steering assist 07 - 10 - Signal to Low - Intermitted
	00566	Steering assist
Komfor	01330	Central Control Modul for Convenience (J393) 52 - 10 - Voltage Supply to High - Intermitted
	01330	Central Control Modul for Convenience (J393) 53 - 10 - Voltage Supply to Low - Intermitted
	01320	Control modul for Climatronic (J255) 49 - 00 - No Communications
	01561	Left rear door 59-10 - Can not unlock - Intermitted
	01562	Right rear door 59-10 - Can not unlock - Intermitted
	01366	Opened via Crash Signal 36-00 - Opened Circuit
	01331	Door Control Module: Driver Side (J386) 49-10 - No Communications - Intermitted
	01560	Passenger Door 37-10 - Faulty - Intermitted
	01332	Door Control Module: Passenger Side (J387) 49-10 - No Communications - Intermitted

Opis prema programu AutoData 3.18:

- 00668 - Engine control module (ECM) - supply voltage low Battery, wiring, engine control relay
- 01314 - Engine control module (ECM), cruise control system – defective ECM

Opis prema [26]:

- 00778 - Steering Angle Sensor - G85
- 00668 - Battery Power Voltage Supply (Terminal 30)